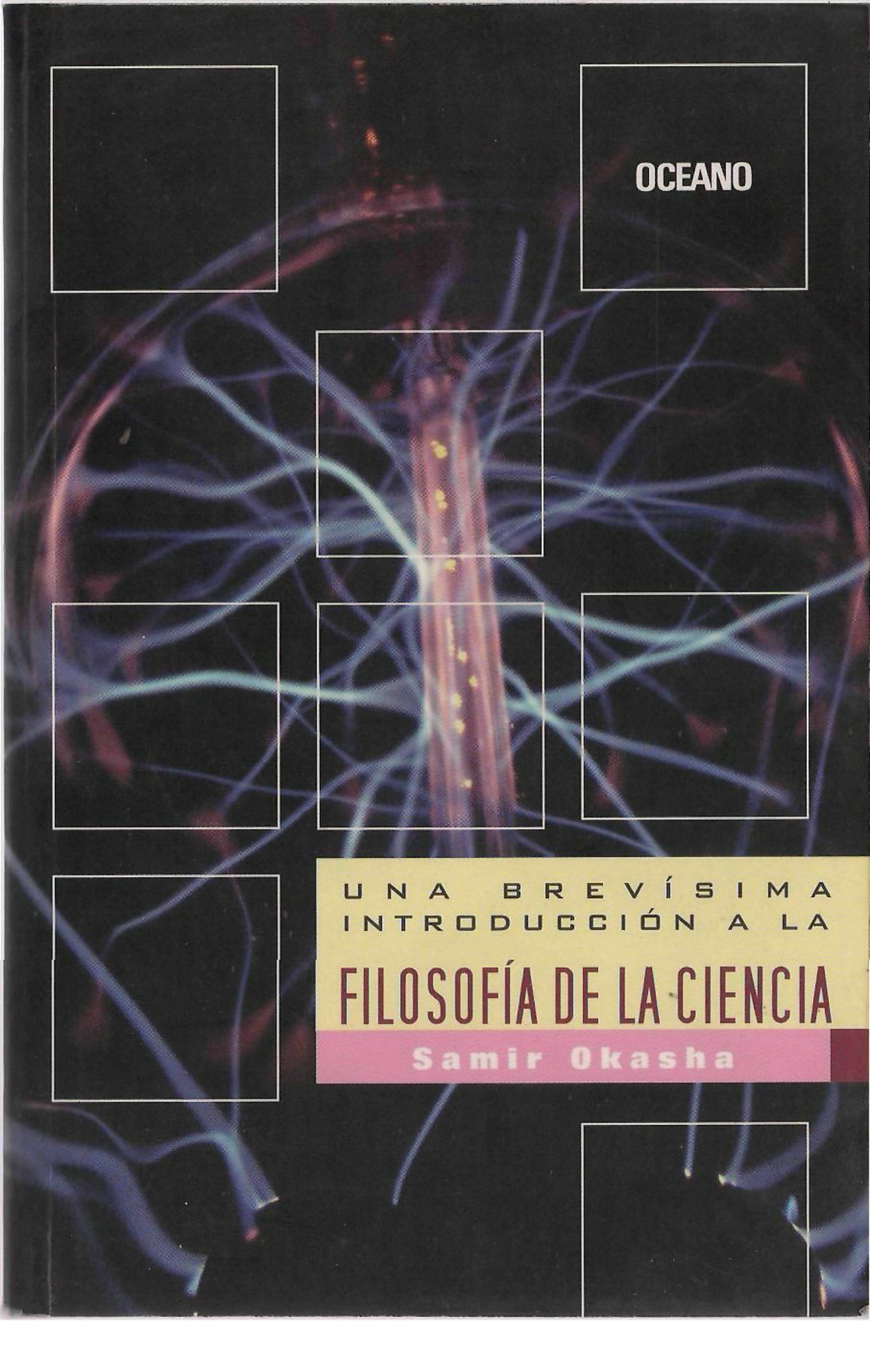

OCEANO
UNA BREVÍSIMA INTRODUCCIÓN A LA
FILOSOFÍA DE LA CIENCIA
Samir Okasha

Samir Okasha

UNA BREVÍSIMA INTRODUCCIÓN A LA FILOSOFÍA DE LA CIENCIA



OCEANO

UNA BREVÍSIMA INTRODUCCIÓN A LA FILOSOFÍA
DE LA CIENCIA

Título original: PHILOSOPHY OF SCIENCE.
A VERY SHORT INTRODUCTION

Tradujo José María Fábregas Puig de la edición original en inglés de Oxford University Press

Publicado originalmente en inglés en 2002
Publicado según acuerdo con Oxford University Press

Blvd. Manuel Ávila Camacho 76, 10º piso,
Colonia Lomas de Chapultepec, Miguel Hidalgo,
Código Postal 11000, México, D.F.
(55) 9178 5100 (55) 9178 5101
info@oceano.com.mx

PRIMERA EDICIÓN

ISBN-13: 978-970-777-249-6
ISBN-10: 970-777-249-2

IMPRESO EN MÉXICO / PRINTED IN MEXICO

ÍNDICE

RECONOCIMIENTOS

Me gustaría agradecer a Bill Newton-Smith, Peter Lipton, Elizabeth Okasha, Liz Richardson y Shelley Cox la lectura y los comentarios de las versiones preliminares de este material.

1. ¿QUÉ ES LA CIENCIA?

¿Qué es la ciencia? Esta pregunta parece fácil de responder: todos saben que materias como la física, la química y la biología son ciencia, mientras que disciplinas como el arte, la música y la teología no lo son. Pero cuando, como filósofos, preguntamos qué es la ciencia, ésta no es la clase de respuesta que buscamos. No preguntamos por una simple lista de las actividades englobadas dentro del término "ciencia". Más bien buscamos el rasgo que comparten todas las materias listadas; es decir, qué es lo que *hace* de algo una ciencia. Entendida de esta manera, la pregunta no es tan trivial.

Aun así, podría seguirse pensando que la pregunta es sencilla. ¿De verdad es la ciencia el intento de comprender, explicar y predecir el mundo en que vivimos? Ciertamente, ésta es una respuesta razonable. Sin embargo, ¿aquí termina la historia? Después de todo, las diversas religiones también pretenden comprender y explicar el mundo, si bien la religión no se considera una rama de la ciencia. De manera similar, la astrología y la adivinación son intentos de predecir el futuro, pero la gente no describiría estas actividades como ciencia. O considérese la historia. Los historiadores tratan de entender y explicar lo que ocurrió en el pasado, aunque la historia suele clasificarse como un arte y no como una ciencia.

Al igual que muchas preguntas filosóficas, la interrogante "¿Qué es la ciencia?" resulta más compleja de lo que parece a primera vista.

Muchas personas creen que las características distintivas de la ciencia residen en los métodos particulares que los científicos emplean para investigar el mundo. Esta idea es muy razonable, porque muchas ciencias utilizan métodos de estudio que no se encuentran en las disciplinas no científicas. Un ejemplo obvio son los experimentos, que históricamente marcan un punto nodal en el desarrollo de la ciencia moderna. Sin embargo, no todas las ciencias son experimentales: los astrónomos no pueden experimentar en los cielos, y deben conformarse con la observación cuidadosa. Lo mismo ocurre con diversas ciencias sociales. Otro rasgo importante de la ciencia es la construcción de teorías. Los científicos no sólo registran los resultados de la experimentación y la observación, sino que explican esos resultados en términos de una teoría general. Esto no siempre es fácil de realizar, si bien ha habido éxitos sorprendentes. Uno de los problemas clave de la filosofía de la ciencia es comprender por qué algunas técnicas como la experimentación, la observación y la construcción de teorías han permitido a los científicos develar muchos de los secretos de la naturaleza.

Los orígenes de la ciencia moderna

En las escuelas y universidades de la actualidad, la ciencia se enseña prescindiendo de la historia. Los libros de texto presentan las ideas principales de una disciplina científica en la forma más cómoda posible, con poca mención al prolongado y a menudo tortuoso proceso histórico que

llevó a su descubrimiento. Como estrategia pedagógica, tiene sentido. Sin embargo, dar un vistazo a la historia de las ideas científicas es útil para comprender los temas que interesan a los filósofos de la ciencia. De hecho, como veremos en el capítulo 5, se ha argumentado que para hacer buena filosofía de la ciencia es indispensable prestar una cuidadosa atención a la historia de la ciencia.

Los orígenes de la ciencia moderna se remontan a un periodo de rápido desarrollo científico que se presentó en Europa entre los años 1500 y 1750, y que ahora conocemos como la revolución científica. Por supuesto, esta revolución no surgió de la nada; también en las edades Antigua y Media hubo investigación científica. En esos primeros tiempos la visión dominante del mundo era la aristotélica, la del inveterado filósofo griego Aristóteles, quien planteó detalladas teorías en los campos de la física, la biología, la astronomía y la cosmología. Sin embargo, a un científico moderno le parecerían extrañas las ideas y los métodos de investigación de Aristóteles. Por poner un ejemplo, el pensador griego creía que todos los cuerpos terráqueos están compuestos por cuatro elementos: tierra, fuego, aire y agua. Es obvio que esta visión choca con lo que nos dice la química moderna.

El primer paso crucial en el desarrollo de la visión moderna del mundo científico fue la revolución copernicana. En 1542 el astrónomo polaco Nicolás Copérnico (1473-1543) publicó un libro atacando el modelo geocéntrico del universo, que ubicaba a la tierra como un cuerpo estacionario en el centro del universo, con los planetas y el sol en órbita alrededor de él. La astronomía geocéntrica, también conocida como astronomía ptolemaica en honor

del astrónomo griego Ptolomeo, yace en el corazón de la visión aristotélica del mundo y permaneció inalterada durante 1,800 años. Sin embargo, Copérnico planteó una alternativa: el *sol* era el centro fijo del universo, y los planetas, incluida la Tierra, se hallaban en órbita alrededor de él (figura 1). En este modelo heliocéntrico la Tierra era un planeta más, perdiendo así el estatus único que la tradición le había asignado. En un principio la teoría de Copérnico encontró mucha resistencia, sobre todo por parte de la Iglesia católica, que la consideraba como contrapuesta a las Sagradas Escrituras y en 1616 prohibió los libros que hablaran del movimiento de la Tierra. No

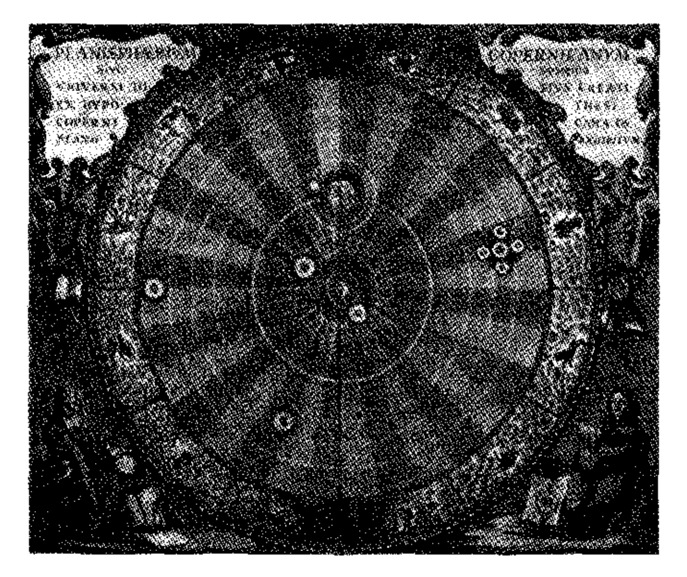


Figura 1. El modelo heliocéntrico del universo, donde se observa a los planetas, incluida la Tierra, orbitando al sol.

obstante, cien años después el copernicanismo se convirtió en la ortodoxia científica.

La innovación de Copérnico no sólo mejoró la astronomía. De manera indirecta impulsó el desarrollo de la física moderna a través del trabajo de Johannes Kepler (1571-1630) y Galileo Galilei (1564-1642). Kepler descubrió que los planetas no se mueven en órbitas circulares alrededor del sol, como pensaba Copérnico, sino más bien en elipses. Ésta fue su crucial "primera ley" del movimiento planetario; la segunda y tercera leyes especifican las velocidades a las cuales los planetas orbitan el sol.

Tomadas en su conjunto, las leyes de Kepler proporcionan una teoría planetaria muy superior a todo lo anterior, resolviendo problemas que habían confundido a los astrónomos durante siglos. Galileo fue un entusiasta del copernicanismo y pionero del telescopio. Con este aparato hizo descubrimientos sorprendentes incluyendo montañas en la luna, una vasta disposición de estrellas, manchas solares y las lunas de Júpiter. Todo esto entró en conflicto con la cosmología aristotélica y desempeñó un papel fundamental en la conversión de la comunidad científica al copernicanismo.

Sin embargo, la contribución más importante de Galileo no fue en el ámbito de la astronomía sino de la mecánica, donde refutó la teoría aristotélica de que los cuerpos más pesados caen más rápidamente que los más ligeros. En vez de esta teoría, Galileo hizo la sugerencia, contraria a la intuición, de que todos los cuerpos en caída libre se moverán hacia la superficie terráquea a la misma velocidad, sin importar su peso (figura 2). (Por supuesto que en la práctica, si se dejan caer de la misma altura una pluma y una bala de cañón, la bala llegará primero, pero

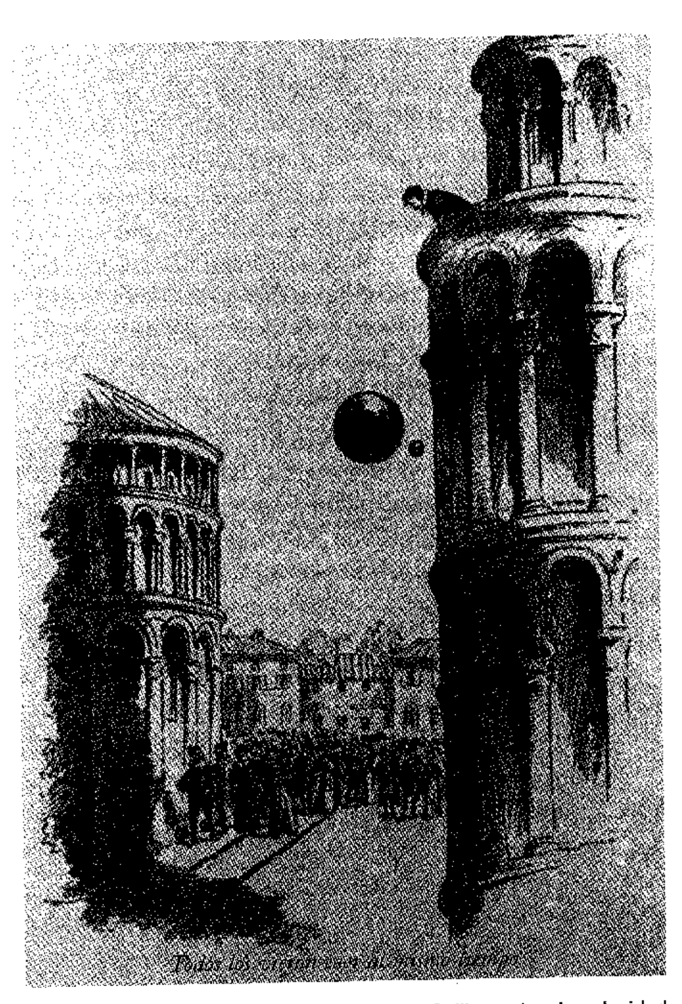


Figura 2. Dibujo del mítico experimento de Galileo sobre la velocidad de los objetos arrojados desde la Torre inclinada de Pisa.

Galileo argumentaba que esto se debe simplemente a la resistencia al aire; en el vacío, llegarían al mismo tiempo.) Además, afirmaba que los cuerpos en caída libre aceleran de una manera uniforme, es decir, ganan incrementos iguales de velocidad en tiempos iguales; esto se conoce como la ley de Galileo de la caída libre. Este científico proporcionó evidencia convincente, pero no totalmente concluyente de esta ley, misma que se convirtió en la pieza maestra de su teoría de la mecánica.

Por lo general, Galileo es considerado el primer físico realmente moderno. Fue el primero en mostrar que el lenguaje de las matemáticas podía usarse para describir el comportamiento de objetos reales en el mundo material, como cuerpos o proyectiles que caían, etcétera. Para nosotros esto es obvio: las teorías científicas actuales suelen formularse en lenguaje matemático, no sólo en las ciencias físicas, sino también en la biología y la economía. Sin embargo, en la época de Galileo no era tan evidente: existía la idea generalizada de que la matemática tenía que ver sólo con entidades abstractas y, por lo tanto, era inaplicable a la realidad física. Otro aspecto innovador del trabajo de Galileo fue su énfasis en la importancia de los experimentos para probar las hipótesis. Para el científico moderno esto también puede resultar obvio, pero en el tiempo de Galileo la experimentación no se consideraba un medio confiable de obtener conocimiento. El interés de Galileo en las pruebas experimentales marca el comienzo de un enfoque empírico para estudiar la naturaleza, que continúa hasta nuestros días.

En el periodo que siguió a la muerte de Galileo, la revolución científica avanzó con rapidez. El filósofo, matemático y científico francés René Descartes (1596-1650)

desarrolló una nueva y radical "filosofía mecánica", de acuerdo con la cual el mundo físico consiste simplemente en partículas inertes de materia interactuante y en choque con las demás. Según Descartes, las leyes que gobiernan el movimiento de esas partículas o "corpúsculos" constituyen la clave para comprender la estructura del universo copernicano. La filosofía mecánica prometía explicar todos los fenómenos observables en términos del movimiento de esos corpúsculos inertes, insensibles, y pronto se erigió en la visión científica dominante de la segunda mitad del siglo XVII; en cierta medida, se ha preservado hasta nuestros días. Figuras como Huygens, Gassendi, Hooke, Boyle y otros realizaron versiones de la filosofía mecánica, y su aceptación generalizada marcó la desaparición de la visión aristotélica del mundo.

La revolución científica culminó con el trabajo de Isaac Newton (1643-1727), cuyos logros no tienen paralelo en la historia de la ciencia. La obra cumbre de Newton es *Los principios matemáticos de la filosofía natural*, publicada en 1687. Newton estaba de acuerdo con los filósofos mecanicistas en que el universo consiste simplemente en partículas en movimiento, pero trató de perfeccionar las leyes de Descartes sobre el movimiento y las reglas de colisión. El resultado fue una teoría dinámica y mecánica de gran autoridad, basada en las tres leyes de movimiento de Newton y su famoso principio de gravitación universal. De acuerdo con este principio, todos los cuerpos en el universo ejercen una atracción gravitacional en los demás cuerpos; la fuerza de la atracción entre dos cuerpos depende del producto de sus masas y de la distancia entre ellos al cuadrado. Entonces, las leyes de movimiento especifican cómo afecta esta fuerza gravita-

cional el movimiento de los cuerpos. Newton elaboró su teoría con gran precisión y rigor matemáticos, inventando la técnica matemática que conocemos como "cálculo". De manera asombrosa, demostró que las leyes de Kepler del movimiento de los planetas y la ley de Galileo de la caída libre (ambas con modificaciones menores) eran consecuencias lógicas de estas leyes del movimiento y la gravitación. En otras palabras, esas mismas leyes explicaban los movimientos de los cuerpos en los dominios terrestre y celeste, y fueron formuladas por Newton con una gran precisión cuantitativa.

La física newtoniana se constituyó en el marco de la ciencia durante los siguientes 200 años o más, remplazando a la física cartesiana. La confianza en la ciencia aumentó con rapidez en ese periodo, debido, en buena medida, al éxito de la teoría de Newton, de la cual se pensaba que había revelado el verdadero funcionamiento de la naturaleza y que podía explicar todo, por lo menos en principio. Se hicieron incluso minuciosos intentos por extender la forma de explicación de Newton a otros fenómenos. Los siglos XVIII y XIX atestiguaron notables avances científicos, sobre todo en el estudio de la química, la óptica, la energía, la termodinámica y el electromagnetismo. Pero en su mayor parte, se consideraba que esos desarrollos caían dentro de una amplia concepción newtoniana del universo. Los científicos aceptaban esta noción como correcta en su esencia; todo lo que había que hacer era aportar los detalles.

La confianza en las ideas newtonianas se desvaneció en los primeros años del siglo XX gracias a dos revolucionarios desarrollos en física: la teoría de la relatividad y la mecánica cuántica. La teoría de la relatividad, elaborada

por Einstein, demostró que la mecánica newtoniana no arroja los resultados correctos cuando se aplica a objetos con mucha masa, o a objetos que se mueven a velocidades muy altas. Por su parte, la mecánica cuántica reveló que la teoría newtoniana no funciona cuando se aplica en una escala muy pequeña, es decir, a partículas subatómicas. Tanto la teoría de la relatividad como la mecánica cuántica, en especial esta última, son conjuntos de ideas muy singulares y radicales, con postulados acerca de la naturaleza de la realidad que mucha gente encuentra difíciles de aceptar o incluso de entender. Su aparición causó una importante sacudida conceptual en la física, que continúa en la época actual.

Hasta ahora, nuestra breve historia de la ciencia se ha centrado en la física. Esto no es accidental, ya que esta área del conocimiento tiene una gran importancia histórica y, en cierto sentido, es la disciplina científica básica, pues los objetos estudiados por otras ciencias están hechos de entidades físicas. Considérese, por ejemplo, la botánica. Los especialistas de este ramo estudian las plantas, que finalmente están compuestas por moléculas y átomos, que son partículas físicas. Resulta obvio entonces que la botánica no es tan fundamental como la física, aunque no por eso es válido decir que tiene menos importancia. En el capítulo 3 volveremos a este punto. Sin embargo, hasta la descripción más sucinta de los orígenes de la ciencia moderna estaría incompleta si se omitiera toda mención a las ciencias no físicas.

En biología el suceso más relevante es el planteamiento, por parte de Charles Darwin, de la teoría de la evolución por selección natural, publicada en *El origen de las especies* en 1859. Hasta entonces se pensaba que

Dios había creado por separado las diferentes especies, como enseña el libro del Génesis. Sin embargo, Darwin argumentaba que las especies contemporáneas en realidad evolucionaron de otras más antiguas a través de un proceso conocido como selección natural. Esta selección ocurre cuando algunos organismos generan mayor progenie que otros, dependiendo de sus características físicas; si esas características son heredadas por su descendencia, con el tiempo la población se adaptará cada vez mejor al ambiente. Según Darwin, a través de este proceso, que parece tan simple, una especie se convertirá en otra completamente nueva luego de un buen número de generaciones. Tan persuasiva fue la evidencia aducida por Darwin para su teoría que hacia principios del siglo XX se erigió en la ortodoxia científica a pesar de la considerable oposición teológica (figura 3). Investigaciones subsecuentes proporcionaron una sorprendente confirmación de la teoría de Darwin, que forma el núcleo de la visión biológica moderna del mundo.

El siglo XX fue testigo de otra revolución en la biología que aún no concluye: la aparición de la biología molecular, en particular de la genética molecular. En 1953 Watson y Crick descubrieron la estructura del ADN, el material hereditario que conforma los genes de las células en las criaturas vivientes (figura 4). Este descubrimiento reveló que la información genética puede copiarse de una célula a otra y pasar así de los padres a la descendencia, lo cual también explica por qué los descendientes tienden a parecerse a sus progenitores. Este emocionante descubrimiento abrió una nueva área de investigación biológica. En los cincuenta años que han transcurrido desde los trabajos de Watson y Crick la biología molecular ha

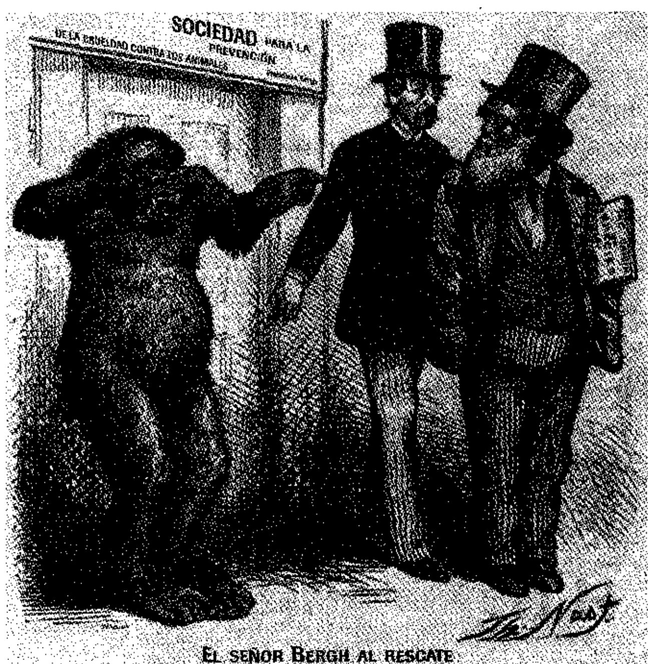


Figura 3. La idea de Darwin de que los seres humanos y los simios descienden de ancestros comunes provocó consternación en la Inglaterra victoriana.

avanzado con rapidez, transformando nuestra noción de la herencia y de la forma como los genes construyen organismos. El reciente logro de concluir una descripción a nivel molecular del conjunto completo de genes de un ser humano, conocido como Proyecto Genoma Humano, es un claro indicio de cuán lejos ha llegado la biología

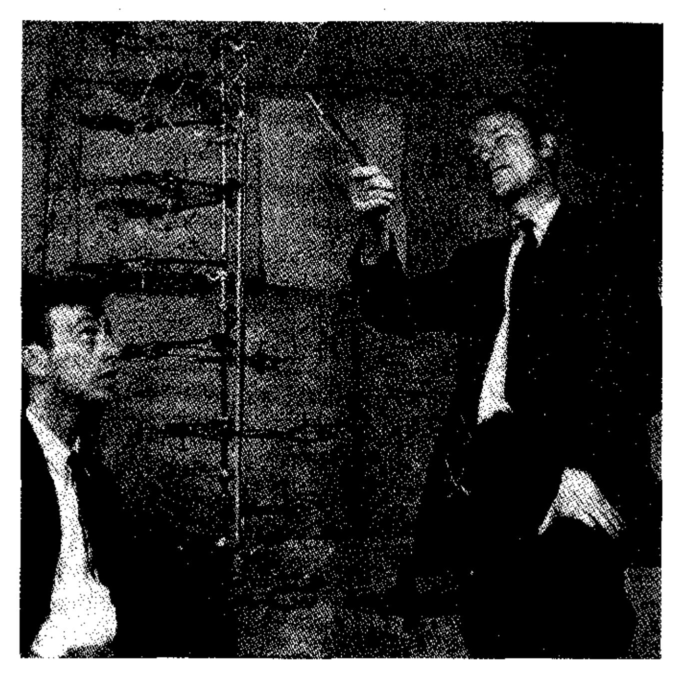


Figura 4. James Watson y Francis Crick con la famosa "doble hélice", su modelo molecular de la estructura del ADN, descubierta en 1953.

molecular. En el siglo XXI seremos testigos de importantes desarrollos en este campo.

En los últimos cien años se han dedicado a la investigación científica más recursos que nunca. Uno de los resultados ha sido la explosión de nuevas disciplinas científicas, como la computación, la inteligencia artificial, la lingüística y la neurociencia. Tal vez el acontecimiento más significativo de los últimos treinta años haya sido el surgimiento de la ciencia cognitiva, que estudia aspectos

de la cognición humana como la percepción, la memoria, el aprendizaje y el razonamiento, y que ha transformado la psicología tradicional. Gran parte del entusiasmo por esta ciencia proviene de la idea de que la mente humana es, en algunos aspectos, similar a una computadora y que, por tanto, los procesos mentales pueden comprenderse si se les compara con las operaciones realizadas por las computadoras. La ciencia cognitiva aún está en pañales, pero promete revelar abundante información acerca del funcionamiento de la mente. Las ciencias sociales, en especial la economía y la sociología, también florecieron en el siglo XX, aunque muchos creen que se encuentran por debajo de las ciencias naturales en términos de sofisticación y rigor. Volveremos al tema en el capítulo 7.

¿Qué es la filosofía de la ciencia?

La tarea principal de la filosofía de la ciencia es analizar los métodos de investigación utilizados en los diversos campos científicos. Quizá el lector se pregunte por qué esta tarea recae en los filósofos más que en los mismos científicos. Es una buena pregunta. Parte de la respuesta es que ver la ciencia desde una perspectiva filosófica permite develar suposiciones implícitas en la práctica científica, pero que los científicos no discuten en forma abierta. Para ilustrar esto, ubiquémonos en el ámbito de la experimentación. Supongamos que un científico realiza un experimento y obtiene un resultado particular. Repite el experimento varias veces y obtiene el mismo resultado. Después de eso es probable que se detenga, confiando en que si repite el experimento exactamente en las mismas condiciones, obtendrá el mismo resultado. Esta

idea puede parecer obvia, pero como filósofos queremos cuestionarla. *¿Por qué* se asume que las repeticiones futuras del experimento arrojarán el mismo resultado? ¿Cómo saber si esto es cierto? Es poco probable que un científico dedique mucho tiempo a desentrañar estas curiosas preguntas; con toda seguridad, tiene mejores cosas que hacer. En esencia se trata de preguntas filosóficas, a las que volveremos en el siguiente capítulo.

Así que parte del trabajo de la filosofía de la ciencia es cuestionar los supuestos que los científicos dan por hechos. Sin embargo, sería un error creer que los hombres de ciencia nunca discuten temas filosóficos. La historia registra a muchos científicos que han desempeñado un importante papel en el desarrollo de la filosofía de la ciencia. Descartes, Newton y Einstein son ejemplos prominentes. Ellos estaban muy interesados en las interrogantes filosóficas sobre cómo tiene que proceder la ciencia, qué métodos de investigación debe emplear, cuánta confianza debemos poner en esos métodos y si constituyen una limitante para el conocimiento científico, entre otras cosas. Como veremos, esas preguntas aún se encuentran en el corazón de la filosofía contemporánea de la ciencia. De esta manera, los asuntos de interés para los filósofos de la ciencia no son "meramente filosóficos"; por el contrario, han llamado la atención de algunos de los más connotados científicos. Sin embargo, hay que decir que muchos hombres de ciencia actuales prestan poca atención a la filosofía de la ciencia y tienen escasos conocimientos de ella. Si bien esto es desafortunado, no es una señal de que los temas filosóficos ya no son relevantes. Más bien es una consecuencia de la naturaleza cada vez más especializada de la ciencia, así como de la polarización entre

las ciencias y las humanidades que caracteriza al sistema de educación moderno.

Tal vez el lector aún se pregunte qué es exactamente la filosofía de la ciencia. Afirmar que "estudia los métodos de la ciencia", como hicimos antes, no es decir mucho. Más que tratar de proporcionar una definición de mayor amplitud, procederemos a considerar un problema típico de la filosofía de la ciencia.

Ciencia y seudociencia

Recuérdese la pregunta con la que comenzamos: ¿Qué es la ciencia? Karl Popper, un influyente filósofo de la ciencia del siglo XX, pensaba que el rasgo fundamental de una teoría científica es que debe ser *falseable*. Asegurar que una teoría es falseable no quiere decir que sea falsa. Más bien significa que la teoría hace algunas predicciones definidas que se pueden probar contra la experiencia. Si estas predicciones resultan equivocadas, entonces la teoría ha sido falseada o refutada. Entonces, una teoría falseable es aquella que podemos descubrir que es falsa, es decir, que no es compatible con todos los posibles cursos de la experiencia. Popper consideraba que algunas teorías supuestamente científicas no satisfacían esta condición y, por lo tanto, no merecían llamarse ciencia, sino más bien seudociencia.

La teoría psicoanalítica de Freud era uno de los ejemplos favoritos de Popper de la seudociencia. Según este autor, la teoría freudiana se ajusta a cualquier hallazgo empírico. Sin importar cuál sea el comportamiento del paciente, los freudianos siempre encontrarán una explicación en términos de su teoría; nunca admitirán que su

corpus teórico estaba equivocado. Popper ilustró su punto con el siguiente ejemplo. Imagínese un hombre que empuja a un niño a un río con la intención de asesinarlo, y a otro hombre que sacrifica su vida para salvar al niño. Los freudianos pueden explicar con la misma facilidad la conducta de ambos hombres: el primero era un reprimido, mientras que el segundo había alcanzado la sublimación. Popper argüía que a través del uso de conceptos como represión, sublimación y deseos inconscientes, la teoría de Freud podía ser compatible con cualquier dato clínico y, en consecuencia, no era falseable.

Lo mismo es aplicable a la teoría de la historia de Marx, según Popper. Marx afirmaba que en las sociedades industrializadas del mundo, el capitalismo daría paso al socialismo y por último al comunismo. Pero cuando esto no pasó, en vez de admitir que la doctrina marxista estaba equivocada, sus seguidores inventaron una explicación *ad hoc* de por qué lo ocurrido concordaba a pesar de todo con la teoría. Por ejemplo, decían que el inevitable avance del comunismo se había visto frenado de manera temporal por el surgimiento del Estado benefactor, que "suavizaba" al proletariado y debilitaba su vocación revolucionaria. De esta manera, la teoría de Marx era compatible con cualquier posible curso de los acontecimientos, al igual que la de Freud. En consecuencia, de acuerdo con el criterio de Popper, ninguna de las dos teorías califica como genuinamente científica.

Popper contrastó las teorías de Marx y Freud con la teoría de la gravitación de Einstein, también conocida como de la relatividad general. A diferencia de los primeros, Einstein hizo una predicción muy definida: que los rayos de luz de estrellas distantes podían ser desviados por

el campo gravitacional del sol. En condiciones normales este efecto sería imposible de observar, excepto durante un eclipse solar. En 1919 el astrofísico inglés sir Arthur Eddington organizó dos expediciones para observar el eclipse solar de ese año, una a Brasil y otra a la isla de Príncipe, en la costa atlántica de África, con el propósito de probar la predicción de Einstein. Las expediciones encontraron que la luz de las estrellas era desviada por el sol en casi la misma cantidad predicha por Einstein. Popper estaba muy impresionado: la teoría de Einstein había hecho una predicción definida, precisa, que se confirmó con las observaciones. Si hubiera resultado que el sol no desviaba la luz de las estrellas, se habría demostrado que Einstein estaba en un error. Así, la teoría de Einstein satisface el criterio de falseabilidad.

La intuición nos dice que el intento de Popper de distinguir ciencia de seudociencia es muy razonable. En efecto, hay algo turbio en una teoría que puede ajustarse a cualesquier datos empíricos. Sin embargo, algunos filósofos consideran que el criterio de Popper es muy simplista. Éste criticaba a los freudianos y a los marxistas por explicar los datos que contradijeran sus teorías, en vez de aceptar que éstas habían sido refutadas. Ciertamente, el procedimiento levanta sospechas. Sin embargo, hay evidencia de que este mismo procedimiento es utilizado en forma rutinaria por científicos "respetables" —a quienes Popper no quiere acusar de practicar la seudociencia— y ha llevado a importantes descubrimientos científicos.

Esto puede ilustrarse con otro ejemplo del campo de la astronomía. La teoría gravitacional de Newton, de la que se habló antes, hacía predicciones acerca de las rutas que los planetas debían seguir en su órbita alrededor

del sol. En su mayor parte, esas predicciones surgieron a partir de la observación. Sin embargo, la órbita observada de Urano difería en forma consistente de lo predicho por Newton. Este enigma fue resuelto en 1846 por dos científicos, Adams en Inglaterra y Leverrier en Francia, quienes trabajaron de manera independiente. Ellos plantearon que había otro planeta, aún sin descubrir, que ejercía una fuerza gravitacional adicional sobre Urano. Adams y Leverrier calcularon la masa y posición que este planeta debía de tener si su atracción gravitacional era la responsable del extraño comportamiento de Urano. Poco después se descubrió el planeta Neptuno, casi exactamente en el lugar predicho por Adams y Leverrier.

Está claro que el comportamiento de Adams y Leverrier no se puede catalogar como "acientífico"; después de todo, llevó al descubrimiento de un nuevo planeta. Sin embargo, ellos hicieron exactamente lo que Popper criticó de los marxistas: comenzaron con una teoría —la teoría de la gravitación de Newton— que hizo una predicción incorrecta de la órbita de Urano. En vez de concluir que la teoría de Newton estaba equivocada, se aferraron a ella y trataron de explicar las observaciones conflictivas postulando la existencia de un nuevo planeta. En forma similar, cuando el capitalismo no mostraba signos de ceder el paso al comunismo, los marxistas no aceptaron que la teoría de Marx era incorrecta, sino que la defendieron y trataron de explicar por otras vías las observaciones conflictivas. Así que, ¿es injusto acusar a los marxistas de practicar una seudociencia si permitimos que lo realizado por Adams y Leverrier se considere ciencia buena y, en consecuencia, ejemplar?

Esto implica que el intento de Popper de diferenciar ciencia de seudociencia no puede ser muy correcto, a pesar de su sensatez inicial. Sin duda, el ejemplo de Adams y Leverrier es atípico. En general, los científicos no abandonan sus teorías cuando éstas entran en conflicto con los resultados de las observaciones, sino que buscan cómo eliminar el conflicto sin tener que renunciar a sus ideas. Sobre este punto volveremos en el capítulo 5. Vale la pena recordar que en ciencia casi todas las teorías chocan con algunas observaciones; es muy difícil encontrar un corpus teórico que se ajuste a la perfección a los datos. Por supuesto, si una teoría es cuestionada por la información recabada y no se encuentra la forma de explicar esa contradicción, entonces dicha teoría tendría que rechazarse. Sin embargo, habría muy pocos avances si los científicos simplemente abandonaran sus teorías al primer signo de problemas.

La falla en el criterio de distinción de Popper arroja una importante pregunta: ¿en realidad es posible encontrar un rasgo común a todo lo que llamamos "ciencia", que no sea compartido por nadie más? Popper suponía que la respuesta a esta pregunta era afirmativa. Pensaba que las teorías de Freud y Marx eran claramente acientíficas, de modo que debería de haber una característica de la que carecieran y que formara parte de las teorías científicas genuinas. Sin embargo, al margen de si aceptamos o no la evaluación negativa de Freud y Marx, el supuesto de Popper de que la ciencia tiene una "naturaleza esencial" es cuestionable. Después de todo la ciencia es una actividad heterogénea, que comprende un amplio espectro de teorías y disciplinas diferentes. Puede ser que compartan rasgos definitorios de lo que se considera

ciencia, pero también puede ser que no. El filósofo Ludwig Wittgenstein argumentaba que no hay un conjunto establecido de características que definan lo que va a ser un "juego". Más bien hay un grupo de rasgos, la mayoría de los cuales son comunes a casi todos los juegos. Sin embargo, es posible que alguno de los juegos carezca de una de las características del grupo y aun así continuar siendo un juego. Lo mismo puede ocurrir con la ciencia, en cuyo caso es poco probable que se encuentre un criterio para distinguir ciencia de seudociencia.

2. RAZONAMIENTO CIENTÍFICO

Los científicos a menudo nos dicen cosas acerca del mundo que, de otra manera, no se creerían. Por ejemplo, los biólogos afirman que tenemos una estrecha relación con los chimpancés, los geólogos aseguran que África y Sudamérica estaban unidas, mientras que los cosmólogos plantean que el universo está en expansión. Sin embargo, ¿cómo alcanzan los científicos esas conclusiones que suenan tan improbables? Después de todo, nadie ha visto a una especie evolucionar de otra o a un continente dividirse en dos, o al universo ampliándose. Por supuesto, la respuesta es que los científicos llegaron a esos planteamientos mediante un proceso de razonamiento o inferencia. No obstante, sería bueno conocer más acerca de este proceso. ¿Cuál es exactamente la naturaleza del razonamiento científico? ¿Y cuánta confianza debe ponerse en las inferencias hechas por los científicos? Éstos son los temas de este capítulo.

Deducción e inducción

Los especialistas en lógica hacen una importante distinción entre los patrones de razonamiento deductivo e inductivo. Un ejemplo de razonamiento deductivo, o de inferencia deductiva, es el siguiente:

Todos los franceses gustan del vino tinto
Pierre es francés

Por lo tanto, Pierre gusta del vino tinto

Las dos primeras afirmaciones se llaman *premisas de la inferencia*, mientras que la tercera afirmación se denomina *conclusión*. Se trata de una inferencia deductiva porque tiene la siguiente propiedad: si las premisas son verdaderas, entonces la conclusión también debe ser verdadera. En otras palabras, si es verdad que todos los franceses gustan del vino tinto, y si es cierto que Pierre es francés, se deduce que a Pierre le gusta el vino tinto. Esto en ocasiones se expresa diciendo que las premisas de la inferencia conllevan la conclusión. Por supuesto, las premisas de esta inferencia casi siempre son falsas, pues habrá franceses a quienes no les agrade el vino. Pero ése no es el punto. Lo que confiere a la inferencia su carácter deductivo es la existencia de una relación apropiada entre premisas y conclusión; es decir que si las premisas son ciertas, la conclusión también lo será. Ahora bien, si las premisas son en realidad verdaderas es un tema distinto, que no afecta el estatus de la inferencia como deductiva.

No todas las inferencias son deductivas. Considérese el siguiente ejemplo:

Los primeros cinco huevos de la canasta están podridos
Todos los huevos tienen la misma fecha de caducidad impresa en ellos

---

Por lo tanto, el sexto huevo también estará podrido

Ésta parece parte de un razonamiento perfectamente perceptible. Y, sin embargo, no es deductivo porque las premisas no conllevan la conclusión. Incluso si los primeros cinco huevos estuvieran podridos, y aun si todos los huevos tuvieran la misma fecha de caducidad, esto no garantiza que el sexto huevo también esté podrido. Es muy posible que el sexto huevo se encuentre en buenas condiciones. En otras palabras, es lógicamente posible que las premisas de esta inferencia sean verdaderas y que aun así la conclusión resulte falsa, luego entonces la inferencia no es deductiva. Por el contrario, se le conoce como *inferencia inductiva*. En la inferencia inductiva, o razonamiento inductivo, nos movemos de premisas acerca de objetos que hemos examinado a conclusiones acerca de objetos que no hemos examinado; en este caso, huevos.

El razonamiento deductivo es una actividad mucho más segura que el razonamiento inductivo. Cuando razonamos en forma deductiva podemos tener la seguridad de que si comenzamos con premisas verdaderas, terminaremos con una conclusión verdadera. No ocurre lo mismo con el razonamiento inductivo, que puede llevarnos de premisas verdaderas a una conclusión falsa. A pasar de este defecto, a lo largo de nuestras vidas confiamos en el razonamiento inductivo, a menudo sin siquiera pensarlo. Por ejemplo, cuando encendemos la computadora en la mañana estamos seguros de que no nos explotará en el rostro. ¿Por qué? Porque la encendemos todas las mañanas y, hasta ahora, no nos ha explotado en el rostro. Sin embargo, la inferencia de "hasta ahora, mi computadora no ha explotado cuando la enciendo" a "mi computadora no explotará cuando la encienda esta vez" es inducti-

va, no deductiva, porque la premisa no lleva implícita la conclusión. Es lógicamente posible que la computadora explote esta vez, aun cuando no haya ocurrido antes en el pasado.

En la vida diaria es fácil encontrar otros ejemplos de razonamiento inductivo. Cuando giramos el volante del auto hacia la izquierda, suponemos que éste se dirigirá hacia la izquierda, no hacia la derecha. Siempre que conducimos entre el tráfico, confiamos nuestra vida a este supuesto. Sin embargo, ¿qué nos asegura que es cierto? Si alguien nos pidiera que justificáramos nuestra convicción, ¿qué diríamos? A menos que seamos mecánicos, tal vez replicaríamos: "Cada vez que he doblado el volante a la izquierda en el pasado, el auto se ha dirigido a la izquierda. En consecuencia, lo mismo ocurrirá cuando gire el volante a la izquierda esta vez". De nuevo, ésta es una inferencia inductiva, no deductiva. Por lo tanto, razonar en forma inductiva es una parte indispensable de la vida diaria.

¿También los científicos usan el razonamiento inductivo? Parece ser que la respuesta es afirmativa. Considérese la enfermedad genética conocida como síndrome de Down (SD para abreviar). Los genetistas nos informan que quienes padecen SD tienen un cromosoma adicional, es decir, poseen 47 en vez de los 46 normales (figura 5). ¿Cómo saben esto? Por supuesto, la respuesta es que *examinaron a un gran número de personas* con SD y encontraron que todas tenían un cromosoma adicional. Luego entonces, razonaron inductivamente hasta llegar a la conclusión de que todos los pacientes con SD, incluyendo a los no examinados, poseen un cromosoma adicional. Es fácil ver que esta in-

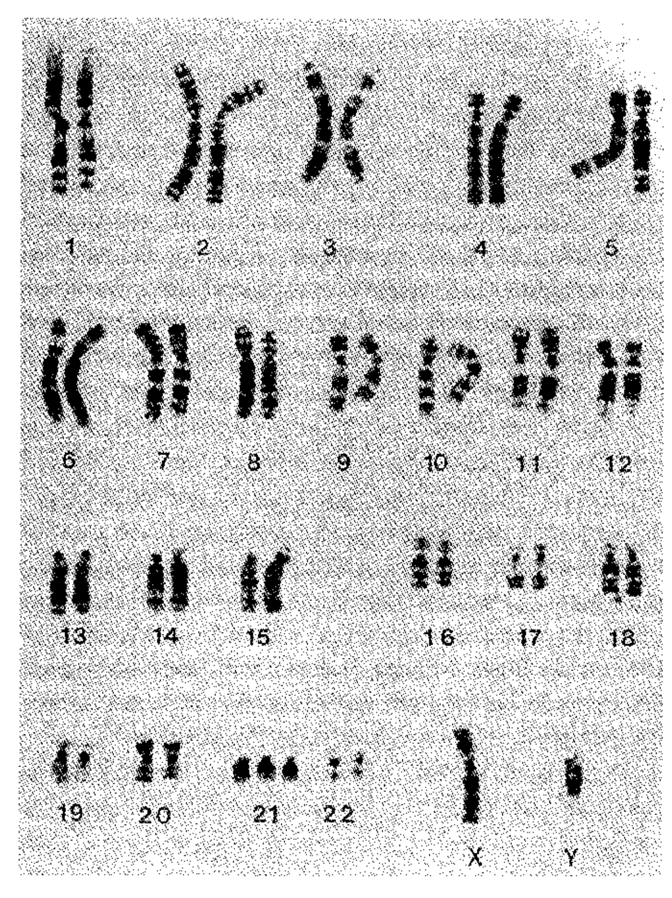


Figura 5. Representación del conjunto completo de cromosomas o cariotipo de una persona con síndrome de Down. Hay tres copias del cromosoma 21, en vez de las dos que tiene la mayoría de las personas, dando así la cantidad de 47 cromosomas en total.

ferencia es inductiva. El hecho de que las personas con SD de la muestra estudiada tuvieran 47 cromosomas no prueba que todos los individuos con SD tengan esa cantidad. *Es posible, aunque improbable, que la muestra no* fuera representativa.

Este ejemplo de ninguna manera es aislado. En efecto, los científicos utilizan el razonamiento inductivo siempre que pasan de datos limitados a una conclusión más general, cosa que hacen todo el tiempo. Considérese, por ejemplo, el principio de la gravitación universal de Newton, mencionado en el capítulo anterior, el cual sostiene que todo cuerpo en el universo ejerce una atracción gravitacional en todos los demás cuerpos. Ahora es obvio que Newton no llegó a este principio examinando a todos los cuerpos existentes en el universo; no tenía posibilidad de hacerlo. Más bien se dio cuenta de que el principio era verdadero para los planetas y el sol, así como para los objetos de todo tipo que se mueven cerca de la superficie terráquea. A partir de estos datos, infirió que el principio era cierto para todos los cuerpos. De nuevo, esta inferencia era, sin lugar a dudas, inductiva: el hecho de que el principio de Newton sea verdadero para algunos cuerpos no garantiza que lo sea para todos los demás.

El papel central de la inducción en la ciencia a veces se ve oscurecido por la forma en que hablamos. Por ejemplo, se puede leer un reportaje en un diario donde se afirma que los científicos encontraron "pruebas experimentales de que el maíz genéticamente modificado es seguro para los seres humanos". Lo que esto significa es que los científicos probaron el maíz en un gran número de seres humanos, y ninguno de ellos presentó algún daño. Sin embargo, estrictamente hablando esto no *prueba* que

el maíz sea seguro, en el sentido en que los matemáticos pueden probar el teorema de Pitágoras, por ejemplo. La inferencia que va de "el maíz no dañó a ninguna de las personas en las que se probó" a "el maíz no dañará a nadie" es inductiva, no deductiva. El reportaje en realidad debió decir que los científicos encontraron *evidencia* muy sólida de que el maíz es seguro para los seres humanos. La palabra "prueba" sólo debe usarse cuando tratamos con inferencias deductivas. En este estricto sentido del término, las hipótesis científicas rara vez —si es que alguna— pueden probar su veracidad a través de los datos.

La mayoría de los filósofos piensa que es obvio que la ciencia descansa en buena medida sobre el razonamiento inductivo; en verdad es tan obvio que no necesita argumentarse. Sin embargo, es de hacer notar que el filósofo Karl Popper, a quien conocimos en el capítulo anterior, negaba esto. Popper postulaba que los científicos sólo necesitan utilizar inferencias deductivas. Esto sería positivo si fuera cierto, porque las inferencias deductivas son mucho más seguras que las inductivas, como hemos visto.

El argumento básico de Popper era el siguiente: aunque no es posible probar que una teoría científica es verdadera a partir de una muestra limitada de datos, sí es posible probar que es falsa. Supóngase que un científico está considerando la teoría de que todas las piezas de metal conducen electricidad. Aun si cada pieza de metal examinada conduce electricidad, esto no prueba que la suposición sea verdadera, por las razones que hemos visto. Pero si encuentra una pieza de metal que no conduce electricidad, esto prueba que la teoría es falsa, porque la inferencia de "esta pieza de metal no condu-

ce electricidad" a "es falso que todas las piezas de metal conducen electricidad" es una inferencia deductiva: la premisa conlleva la conclusión. De esta manera, si un científico sólo está interesado en demostrar que una teoría dada es falsa, puede lograr su meta sin el uso de inferencias inductivas.

La debilidad del argumento de Popper es obvia. Los científicos no sólo están interesados en mostrar que ciertas teorías son falsas. Cuando un científico recolecta datos experimentales, su propósito podría ser mostrar que una teoría particular —la teoría rival, tal vez— es falsa. Sin embargo, es mucho más probable que pretenda convencer a la gente de que su propia teoría es cierta. Y para hacerlo, tendrá que pasar a un razonamiento inductivo de alguna especie. De esta manera, el intento de Popper de mostrar que la ciencia puede alcanzarse sin inducción no tiene éxito.

El problema de Hume

Aun cuando el *razonamiento inductivo no es irrebatible*, sí constituye una forma perfectamente sensata de establecer ideas acerca del mundo. El hecho de que el sol salga todos los días no prueba que saldrá mañana, pero nos da una buena razón para pensar que sí lo hará. Si alguien se declarara por completo agnóstico acerca de si el sol saldrá o no mañana, esa posición parecería muy extraña, si bien no irracional.

Sin embargo, ¿qué justifica esta fe en la inducción? ¿Cómo persuadir a una persona que se rehúsa a razonar en forma inductiva que está equivocada? El filósofo escocés del siglo XVIII, David Hume (1711-1776) nos da una

respuesta sencilla pero radical a esta pregunta. Él aseguraba que el uso de la inducción no puede justificarse en forma racional. Hume admitía que usamos la inducción todo el tiempo, en la vida diaria y en la ciencia, pero insistía en que se trataba de un hábito animal. Él pensaba que si se pedía a una persona que diera una buena razón para usar la inducción, tal persona no podría proporcionar una respuesta satisfactoria.

¿Cómo llegó Hume a esta sorprendente conclusión? Él comenzó observando que siempre que hacemos inferencias inductivas, tendemos a presuponer lo que llamamos "uniformidad de la naturaleza" (UN). Para entender lo que Hume quería decir con esto, recuérdense algunas de las inferencias inductivas de la última sección. Tenemos la inferencia de "mi computadora no ha explotado hasta ahora" a "mi computadora no explotará hoy"; de "todos los individuos con SD examinados tienen un cromosoma extra" a "todos los individuos con SD tienen un cromosoma extra"; de "todos los cuerpos observados hasta ahora obedecen la ley de la gravitación de Newton" a "todos los cuerpos obedecen la ley de la gravitación de Newton", y así por el estilo. En cada uno de esos casos nuestro razonamiento depende de la suposición de que los objetos que no hemos examinado serán similares, en los aspectos relevantes, a los objetos de la misma clase que sí hemos examinado. Esa suposición es lo que Hume llama uniformidad de la naturaleza.

Sin embargo, ¿cómo podemos saber si la suposición UN es en realidad cierta, pregunta Hume? ¿Podemos probar su verdad de alguna manera (en el sentido estricto del término "prueba")? No, dice Hume, no podemos. Es fácil imaginar un universo donde la naturaleza no

es uniforme, sino que cambia su curso al azar día tras día. En ese universo, las computadoras en ocasiones podrían explotar sin razón, el agua podría intoxicarnos sin aviso, las bolas de billar dejarían de chocar, etcétera. Como ese universo "no uniforme" es concebible, se colige que no podemos probar en forma rigurosa la verdad de la UN. Porque si pudiéramos probar que la UN es verdadera, entonces el universo no uniforme sería una imposibilidad lógica.

Dado que no podemos probar la UN, esperaríamos encontrar una buena evidencia empírica de su verdad. Después de todo, como la UN ha sido verdadera hasta ahora, ¿es seguro que nos brinda una buena razón para pensar que es verdadera? Sin embargo, ¡Hume dice que este argumento se da por sentado! Porque es en sí mismo un argumento inductivo y depende del supuesto de la UN. Es claro que un argumento que supone UN desde el principio no puede utilizarse para demostrar que la UN es verdadera. Para plantear el punto en otra forma, es un hecho establecido que la naturaleza se ha comportado de una manera en extremo uniforme hasta ahora. Sin embargo, no es posible recurrir a este hecho para argumentar que la naturaleza continuará siendo uniforme, porque esto supone que lo que sucedió en el pasado es una guía confiable de lo que ocurrirá en el futuro —que *es* el supuesto de la uniformidad de naturaleza. Si tratamos de argumentar respecto a la UN con bases empíricas, terminamos razonando en círculo.

La fuerza del punto de Hume puede apreciarse al imaginar cómo podría persuadirse a quienes no confían en el razonamiento inductivo de que deberían hacerlo. Tal vez se diga: "Vean, el razonamiento inductivo ha funcionado muy bien hasta ahora. Mediante la inducción los

científicos han dividido el átomo, llevado a un hombre a la luna, inventado computadoras, etcétera. Por el contrario, la gente que no ha utilizado la inducción tiende a morir en circunstancias horribles. Consumen arsénico creyendo que los nutre, saltan de edificios altos pensando que volarán, etcétera. (figura 6). En consecuencia, es benéfico razonar en forma inductiva". Por supuesto, lo anterior no convencerá al indeciso, ya que argumentar que la inducción es confiable porque hasta ahora ha funcionado bien es pensar en forma inductiva. Un argumento así no tendrá ningún peso en una persona que ya no cree en la inducción. Ése es el punto fundamental de Hume.

Así que la posición de Hume es la siguiente: él señala que nuestras inferencias inductivas descansan en la suposición de UN. Sin embargo, no podemos probar que la UN es verdadera ni producir evidencia empírica para mostrar su veracidad sin dar algo por sentado. De esta manera, nuestras inferencias inductivas descansan en una suposición acerca del mundo para la cual no se tienen buenas bases. Hume concluye que nuestra confianza en la inducción es sólo fe ciega que no admite justificación racional alguna.

Este intrigante argumento ha ejercido una poderosa influencia en la filosofía de la ciencia, misma que continúa hasta hoy. (El intento fallido de Popper de demostrar que los científicos sólo necesitan emplear inferencias deductivas fue motivado por su idea de que Hume había demostrado la total irracionalidad del razonamiento inductivo.) La influencia del argumento de Hume no es difícil de entender. Normalmente, pensamos en la ciencia como el verdadero paradigma de la investigación racional. Tenemos mucha fe en lo que los científicos nos dicen



Figura 6. Qué le pasa a la gente que no confía en la inducción.

acerca del mundo. Cada vez que volamos en aeroplano ponemos nuestras vidas en manos de los científicos que diseñaron el avión. Sin embargo, la ciencia se basa en la inducción, y el argumento de Hume parece mostrar que la inducción no puede justificarse de manera racional. Si Hume está en lo correcto, los cimientos sobre los que se construye la ciencia no se ven tan sólidos como cabría esperar. Este enigmático estado de cosas se conoce como problema de la inducción de Hume.

Los filósofos han respondido al problema de Hume en innumerables formas; ésta es todavía un área vigente de investigación. Algunas personas creen que la clave es el concepto de probabilidad. La idea no es nada descabellada, porque es natural pensar que aun cuando las premisas de una inferencia inductiva no garantizan la verdad de la conclusión, sí la hacen muy probable. De esta manera, aunque el conocimiento científico no sea cierto, sí puede ser altamente probable. Sin embargo, esta respuesta al problema de Hume presenta dificultades aunque tenga una aceptación universal; volveremos a ella en su momento.

Otra respuesta común es admitir que la inducción no puede justificarse de manera racional, pero argumentando que esto en realidad no es tan problemático. ¿Cómo puede defenderse esa posición? Algunos filósofos afirman que la inducción es tan indispensable para la forma como pensamos y razonamos, que no es el tipo de cuestión que pueda justificarse. Peter Strawson, un influyente filósofo contemporáneo, defendió este punto con la siguiente analogía: si alguien se preocupa por la legalidad de una acción en particular, puede consultar los libros de leyes y comparar la acción con lo que dicen

los textos. Pero supóngase que alguien se preocupa por verificar si la ley es legal en sí misma. En realidad, ésta es una preocupación absurda. La ley es el estándar contra el cual se juzga la legalidad de otras cosas, y no tiene sentido preguntarse si el estándar es legal en sí mismo. Algo similar se aplica a la inducción, dice Strawson. La inducción es uno de los estándares que empleamos para decidir si los postulados acerca del mundo son verdaderos. Por ejemplo, la utilizamos para juzgar si se justifica el anuncio de una compañía farmacéutica que habla de los asombrosos beneficios de un nuevo medicamento. En consecuencia, tiene poco sentido preguntar si la inducción en sí misma se justifica.

¿Tuvo éxito Strawson en la solución al problema de Hume? Algunos filósofos dicen que sí, otros que no. Sin embargo, la mayoría está de acuerdo en que es muy difícil encontrar una justificación satisfactoria para la inducción. (Frank Ramsey, un filósofo de Cambridge de la década de 1920, dijo que pedir una justificación de la inducción era "llorarle a la luna".) Si esto es algo que deba preocuparnos o que resquebraje nuestra fe en la ciencia, es un tema difícil que debe ponderarse en forma individual.

Inferencia a partir de la mejor explicación

Las inferencias inductivas que hemos examinado hasta ahora tienen, en esencia, la misma estructura. En cada caso, la premisa de la inferencia ha tenido la forma "todas las *x* examinadas hasta ahora han sido *y*", y la conclusión ha tenido la forma "la siguiente *x* por examinar será *y*", o en ocasiones, "todas las *x* son *y*". En otras pa-

labras, esas inferencias nos llevan de instancias examinadas a no examinadas de un tipo dado.

Como hemos visto, tales inferencias se usan en forma amplia en la vida diaria y en la ciencia. Sin embargo, hay otro tipo común de inferencia no deductiva que no se ajusta a este patrón simple. Considérese el siguiente ejemplo:

> El queso de la despensa desapareció, y sólo quedaron algunos restos
> Anoche se escucharon chirridos provenientes de la despensa
> ---
> Por lo tanto, el queso fue devorado por un ratón

Es obvio que esta inferencia es no deductiva, pues las premisas no llevan implícita la conclusión: el queso pudo haber sido tomado por la mucama, quien hábilmente dejó algunos restos de queso para dar la apariencia de que fue obra de un ratón (figura 7). Y los chirridos pudieron haber tenido muchas causas —tal vez se debieron al sobrecalentamiento del calentador. Sin embargo, la inferencia es claramente razonable. La hipótesis de que un ratón se comió el queso parece constituir una mejor interpretación de los datos que las explicaciones alternativas. Después de todo, las mucamas no suelen robar queso y los calentadores modernos no se sobrecalientan, mientras que los ratones sí comen queso cuando tienen oportunidad y producen chirridos. De esta manera, aunque no tengamos la certeza de que la hipótesis del ratón es verdadera, al ponderarla parece muy posible: es la mejor interpretación de los datos disponibles.

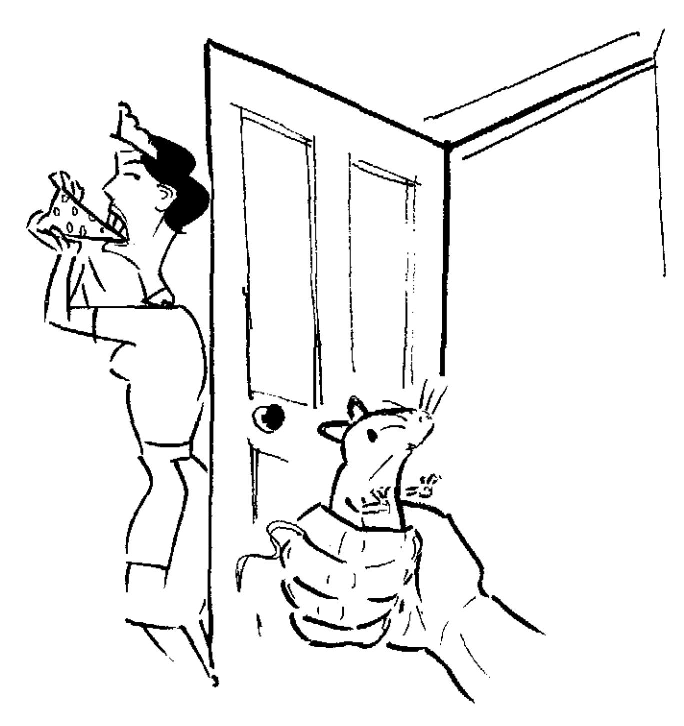


Figura 7. Las hipótesis del ratón y de la mucama pueden explicar la ausencia del queso.

Por razones obvias, este tipo de razonamiento se conoce como "inferencia a partir de la mejor explicación", o IME para abreviar. La relación entre la IME y la inducción está impregnada de confusiones terminológicas. Algunos filósofos describen la IME como un tipo de inferencia inductiva; en efecto, utilizan la "inferencia inductiva" para significar "cualquier inferencia que no sea deductiva". Otros contrastan la IME con la inferencia

inductiva, como lo hicimos nosotros antes. En esta forma de cortar el pastel, la "inferencia inductiva" se reserva a las inferencias que van de instancias examinadas a no examinadas de cierto tipo, o del tipo que analizamos antes; la IME y la inferencia inductiva son entonces dos tipos distintos de inferencia no deductiva. No importa qué terminología elijamos, siempre y cuando se emplee de manera consistente.

Los científicos utilizan con frecuencia la IME. Por ejemplo, Darwin defendía su teoría de la evolución llamando la atención sobre varios hechos acerca de los seres vivos que son difíciles de explicar si se adopta la suposición de que las especies actuales se crearon por separado, pero que es perfecta si las especies actuales descendieron de ancestros comunes, como sostiene la teoría. Por ejemplo, hay estrechas similitudes anatómicas entre las patas de los caballos y las de las cebras. ¿Cómo explicar esto, si Dios creó por separado a las cebras y a los caballos? Se supone que pudo haber hecho las patas tan diferentes como hubiera querido. Pero si tanto los caballos como las cebras descienden de un ancestro común, esto proporciona una explicación obvia de su similitud anatómica. Darwin aseguraba que la capacidad de su teoría para explicar hechos de este tipo, y de muchos otros, constituía una fuerte evidencia en su favor.

Otro ejemplo de IME es el famoso trabajo de Einstein sobre el movimiento browniano. El movimiento browniano se refiere a la traslación caótica, en zigzag, de partículas microscópicas suspendidas en líquido o gas. Fue descubierto en 1827 por el botánico escocés Robert Brown (1713-1858) cuando examinaba granos de polen flotando en el agua. En el siglo XIX se plantea-

ron muchas interpretaciones del movimiento browniano. Una de las teorías atribuía el movimiento a la atracción eléctrica entre partículas, otra a la agitación del entorno externo y otra más a las corrientes de convección en el fluido. La explicación correcta se basa en la teoría cinética de la materia, que dice que los líquidos y gases están hechos de átomos y moléculas en movimiento. Las partículas suspendidas entran en colisión con las moléculas circundantes, provocando los movimientos erráticos, azarosos, que Brown observara por primera vez. Esta teoría vio la luz a fines del siglo XIX, pero no tuvo una gran aceptación, sobre todo porque un buen número de científicos no creía que los átomos y las moléculas fueran entidades físicas reales. Sin embargo, en 1905 Einstein propuso un ingenioso tratamiento matemático del movimiento browniano, haciendo un sinnúmero de predicciones precisas, cuantitativas, que después se confirmaron de manera experimental. Luego del trabajo de Einstein, la teoría cinética se adoptó de inmediato para brindar una mejor explicación del movimiento browniano, y el escepticismo acerca de la existencia de átomos y moléculas se desvaneció con rapidez.

Una pregunta interesante es si la IME o inducción ordinaria es un patrón de inferencia más importante. El filósofo Gilbert Harman plantea que la IME es más relevante. De acuerdo con esta perspectiva, siempre que hacemos una inferencia inductiva ordinaria como "todas las piezas de metal examinadas hasta ahora conducen electricidad; por lo tanto, todas las piezas de metal conducen electricidad", apelamos de manera implícita a consideraciones de tipo explicativo. Suponemos que la explicación correcta —cualquiera que sea— de por qué las piezas de

metal de la muestra conducían electricidad implica que todas las piezas de metal conducirán electricidad; ésa es la razón por la que hacemos la inferencia inductiva. Pero si creyéramos, por ejemplo, que la explicación de por qué las piezas de metal de la muestra conducían electricidad se debiera a que un técnico de laboratorio trabajó de manera chapucera con ellas, no inferiríamos que todas las piezas de metal conducen electricidad. Quienes proponen esta perspectiva no dicen que no hay diferencia entre la IME y la inferencia inductiva —aunque hay una diferencia clara. Más bien, piensan que la inducción ordinaria finalmente depende de la IME.

Sin embargo, otros filósofos argumentan que éste es un paso hacia atrás porque la IME es parásita de la inducción ordinaria. Para llegar al fondo de esto, piénsese de nuevo en el ejemplo del queso en la despensa. ¿Por qué consideramos que la hipótesis del ratón es una mejor explicación de los datos que la hipótesis de la mucama? Al parecer, porque sabemos que las mucamas no suelen robar queso, mientras que los ratones sí. Pero éste es un conocimiento que hemos adquirido a través del razonamiento inductivo ordinario, basado en observaciones previas del comportamiento de los ratones y las mucamas. Así, de acuerdo con este punto de vista, cuando tratamos de decidir cuál de las hipótesis proporciona la mejor explicación de los datos, de manera invariable apelamos al conocimiento obtenido mediante la inducción ordinaria. De esta manera, es incorrecto considerar a la IME como un modo más importante de inferencia.

Al margen de elegir cualquiera de estos puntos de vista opuestos, hay un asunto que demanda más atención. Si queremos usar la IME, necesitamos decidir cuál de

las hipótesis rivales proporciona la mejor explicación de los datos. Sin embargo, ¿qué criterio determina esto? Una respuesta común es que la mejor explicación es la más sencilla o la más parca. Considérese de nuevo el ejemplo del queso en la despensa. Hay dos elementos de información que deben explicarse: el queso faltante y los chirridos. La hipótesis del ratón postula sólo una causa —un ratón— para explicar ambos datos. Sin embargo, para explicar esos mismos datos la hipótesis de la mucama postula dos causas: una doncella deshonesta y un calentador sobrecalentado. Así, la hipótesis del ratón es más parca y, en consecuencia, es mejor. Lo mismo ocurre en el ejemplo de Darwin. La teoría de Darwin podía explicar una muy diversa gama de hechos acerca de los seres vivos, no sólo las similitudes anatómicas entre especies. Cada uno de esos hechos podría explicarse en otras formas, como sabía Darwin. Sin embargo, la teoría de la evolución explica de una buena vez todos los hechos; eso la convierte en la mejor explicación de los datos.

La idea de que la sencillez o parquedad es la marca de una buena explicación es muy llamativa y ciertamente ayuda a hacer a un lado la idea de la IME. No obstante, si los científicos usan la sencillez como guía para la inferencia, entonces se presenta un problema. ¿Cómo saber que el universo es más simple que complejo? Parecería más sensato preferir una teoría que explique la información en términos del menor número de causas. Sin embargo, ¿hay alguna razón objetiva para pensar que una teoría semejante tiene mayor probabilidad de ser cierta que una teoría menos simple? Los filósofos de la ciencia difieren en la respuesta a esta difícil pregunta.

Probabilidad e inducción

Desde el punto de vista filosófico, el concepto de probabilidad es enigmático. Parte del enigma es que la palabra "probabilidad" puede tener más de un significado. Si se lee que la probabilidad de que una mujer inglesa viva 100 años es de 1 en 10, entonces se entendería que un décimo de todas las mujeres inglesas vive hasta la edad de 100 años. De manera similar, si se lee que la probabilidad de que un fumador desarrolle cáncer pulmonar es de 1 en 4, esta información se interpretaría como que un cuarto de *todos los fumadores desarrollan cáncer pulmonar.* Esto se conoce como la *interpretación de la probabilidad como frecuencia*: iguala probabilidades con proporciones, o frecuencias. Pero ¿qué ocurre si se lee que la probabilidad de hallar vida en Marte es de 1 en 1,000? ¿Significa esto que uno de cada mil planetas de nuestro sistema solar contiene vida? Por supuesto que no. Por alguna razón hay sólo nueve planetas en nuestro sistema solar [uno de ellos en entredicho], debido a lo cual aquí entra en juego otra noción de probabilidad.

Una interpretación de la declaración "la probabilidad de vida en Marte es de 1 en 1,000" es que la persona que destaca esto simplemente está reportando un hecho subjetivo acerca de quienes hicieron tal declaración: nos dice qué probabilidad creen ellos que hay de que exista vida en Marte. Ésta es una interpretación subjetiva de la probabilidad. Toma a ésta como una medida de la fuerza de nuestras opiniones personales. Es evidente que reforzamos más algunas opiniones que otras. Yo tengo mucha confianza en que Brasil gane la Copa del Mundo, una razonable confianza en la existencia de Jesucristo y

una menor confianza en que el desastre ambiental en el mundo pueda prevenirse. Esto podría expresarse diciendo que asigno una alta probabilidad a la afirmación "Brasil ganará la Copa del Mundo", una probabilidad mediana a "Jesucristo existió" y una probabilidad baja a "el desastre ambiental en el mundo puede prevenirse". Por supuesto, sería difícil asignar un número exacto a la fuerza de mi convicción en esas afirmaciones, pero los defensores de la interpretación subjetiva consideran esto como una limitación meramente práctica. En principio, debemos ser capaces de asignar una probabilidad numérica precisa a cada una de las afirmaciones acerca de las cuales tenemos una opinión, reflejando así cuánto creemos o no creemos en ellas.

La interpretación subjetiva de probabilidad implica que no existen hechos objetivos acerca de la probabilidad, al margen de lo que la gente piense. Si digo que la probabilidad de hallar vida en Marte es alta y usted me dice que es muy baja, ninguno de nosotros está en lo correcto o en el error; sólo establecemos con cuánta fuerza creemos en el enunciado en cuestión. Por supuesto, hay un hecho objetivo acerca de si hay o no vida en Marte; pero sencillamente no hay un hecho objetivo acerca de cuán probable es que haya vida en ese planeta, de acuerdo con la interpretación subjetiva.

La interpretación lógica de la probabilidad rechaza esta posición al sostener que una afirmación como "la probabilidad de vida en Marte es alta" es objetivamente cierta o falsa, en relación con un cuerpo específico de evidencia. Desde este punto de vista, la probabilidad de una afirmación constituye una medida de la fuerza de la evidencia en su favor. Los defensores de la inter-

pretación lógica piensan que para cualquiera de las dos declaraciones en nuestro lenguaje, podemos en principio descubrir la probabilidad de una, dada la otra como evidencia. Por ejemplo, tal vez querríamos descubrir la probabilidad de que habrá una edad de hielo dentro de 10,000 años, dada la velocidad actual del calentamiento global. La interpretación subjetiva nos dice que no existe un hecho objetivo respecto a esta probabilidad. Sin embargo, la interpretación lógica insiste en que sí: la velocidad actual del calentamiento global confiere una probabilidad numérica definida, digamos de 0.9, a la ocurrencia de una edad de hielo dentro de 10,000 años. Es evidente que una probabilidad de 0.9 constituye una probabilidad alta —considerando que el máximo es 1—, así que la declaración "la probabilidad de que haya una edad de hielo dentro de 10,000 años es alta" sería entonces objetivamente cierta, dada la evidencia acerca del calentamiento global.

Cualquiera que haya estudiado probabilidad o estadística podría considerar extraño este comentario acerca de las diferentes interpretaciones de la probabilidad. ¿Cómo se ajustan estas interpretaciones a lo que se ha estudiado? La respuesta es que el estudio matemático de la probabilidad no nos dice por sí mismo lo que significa la probabilidad, que es lo que hemos examinado antes. La mayoría de los especialistas en estadística se inclinaría por la interpretación de frecuencia, pero el problema de cómo interpretar la probabilidad, como la mayoría de los problemas filosóficos, no puede resolverse en términos matemáticos. La fórmula matemática para trabajar probabilidades sigue siendo la misma, sin importar la interpretación que se adopte.

Los filósofos de la ciencia están interesados en la probabilidad por dos razones principales. La primera es que en muchas ramas de la ciencia, en especial en la física y la biología, encontramos leyes y teorías que se formulan utilizando la noción de probabilidad. Considérese, por ejemplo, la teoría conocida como genética mendeliana, que trata sobre la transmisión de genes de una generación a otra en poblaciones que se reproducen por la vía sexual. Uno de los principios más importantes de la genética mendeliana es que cada gen de un organismo tiene 50% de oportunidad de introducirse en uno de los gametos del organismo (esperma u óvulos). En consecuencia, hay 50% de oportunidad de que cualquier gen encontrado en una madre se encuentre también en el hijo, y lo mismo sería aplicable a los genes del padre. Usando este y otros principios, los genetistas pueden brindar explicaciones detalladas de por qué determinadas características (como el color de ojos) se distribuyen a lo largo de generaciones de una familia en la forma en que se presentan. Ahora "oportunidad" es otra palabra para probabilidad, de modo que es obvio que el principio mendeliano hace un uso esencial del concepto de probabilidad. Pueden darse muchos otros ejemplos de leyes y principios científicos que se expresan en términos de probabilidad. La necesidad de entender esas leyes y principios es una importante motivación para el estudio filosófico de la probabilidad.

La segunda razón de por qué los filósofos de la ciencia están interesados en el concepto de probabilidad es la esperanza de que pudiera arrojar cierta luz sobre la inferencia inductiva, en particular sobre el problema de Hume; nos concentraremos ahora en esto. En la raíz del problema de Hume se encuentra el hecho de que las pre-

misas de una inferencia inductiva no garantizan la verdad de su conclusión. Sin embargo, es tentador sugerir que las premisas de una inferencia inductiva típica hacen altamente probable la conclusión. Si bien el hecho de que todos los objetos examinados hasta ahora obedezcan la ley de la gravedad de Newton no prueba que todos los objetos lo hacen, ¿lo convierte en algo muy probable? ¿Puede responderse el problema de Hume con tanta facilidad después de todo?

Sin embargo, las cosas no son tan simples, porque debemos preguntarnos qué interpretación de probabilidad supone esta respuesta a Hume. En la interpretación de frecuencia, decir que es altamente probable que todos los objetos obedezcan la ley de Newton es decir que una proporción muy alta de todos los objetos obedece esa ley. ¡Pero no hay forma de saberlo, a menos que usemos la inducción!, ya que hasta ahora sólo hemos examinado una pequeña porción de todos los objetos del universo. De manera que el problema de Hume permanece. Otra forma de ver el asunto es la siguiente: comenzamos con la inferencia de "todos los objetos examinados obedecen la ley de Newton" a "todos los objetos obedecen la ley de Newton". En respuesta a la preocupación de Hume de que la premisa de esta inferencia no garantiza la verdad de la conclusión, sugerimos que, no obstante, podría hacer muy probable la conclusión. Sin embargo, la inferencia de "todos los objetos examinados obedecen la ley de Newton" a "es altamente probable que todos los objetos obedezcan la ley de Newton" es todavía una inferencia inductiva, dado que la última significa "una proporción muy alta de todos los objetos obedecen la ley de Newton", como ocurre de acuerdo con la interpretación de frecuencia.

De esta manera, si adoptamos la interpretación de la probabilidad como frecuencia, apelar al concepto de probabilidad no resta contundencia al argumento de Hume, porque el conocimiento de las probabilidades se convierte entonces en dependiente de la inducción.

La interpretación subjetiva de la probabilidad tampoco tiene el poder para resolver el problema de Hume, si bien por una razón distinta. Supóngase que Juan cree que el sol saldrá mañana y Roberto piensa que no. Ambos aceptan la evidencia de que el sol ha salido todos los días en el pasado, pero de manera intuitiva decimos que Juan es racional y Roberto no, porque la evidencia hace la creencia de Juan más probable. Empero, si la probabilidad es sólo un asunto de opinión subjetiva, no podemos decir esto. Todo lo que podemos afirmar es que Juan asigna una alta probabilidad a "el sol saldrá mañana" y Roberto no. Si no hay hechos objetivos acerca de la probabilidad, entonces no podemos decir que las conclusiones de las inferencias inductivas son objetivamente probables. De esta manera, no podemos explicar por qué alguien como Roberto, quien declina usar la inducción, es irracional. Sin embargo, el problema de Hume exige *una explicación de ese tipo.*

La interpretación lógica de la probabilidad es más alentadora en cuanto a encontrar una respuesta satisfactoria a Hume. Supóngase que hay un hecho objetivo acerca de la probabilidad de que el sol salga mañana, dado que ha salido todos los días en el pasado. Supóngase que esta probabilidad es muy alta. Entonces tenemos una explicación de por qué Juan es racional y Roberto no lo es. Tanto Juan como Roberto aceptan la evidencia de que el sol ha salido todos los días en el pasado, pero Roberto

no se da cuenta de que esta evidencia hace altamente probable que el sol salga mañana, mientras que Juan sí se percata de ello. Considerar una probabilidad de la afirmación como una medida de la evidencia en su favor, como recomienda la interpretación lógica, concuerda a la perfección con nuestra idea intuitiva de que las premisas de una inferencia inductiva pueden hacer muy probable la conclusión, incluso aunque no puedan garantizar su veracidad.

En consecuencia, no es de sorprender que los filósofos que trataron de resolver el problema de Hume vía el concepto de probabilidad favorecieran esta interpretación lógica. (Uno de ellos fue el famoso economista John Maynard Keynes, quien se interesó desde un principio en la lógica y la filosofía.) Por desgracia, en la actualidad la mayoría de la gente cree que la interpretación lógica de la probabilidad enfrenta dificultades muy serias, quizá insuperables. Esto se debe a que todos los intentos por probar con detalle la interpretación lógica de la probabilidad se han realizado en detrimento de muchos problemas tanto matemáticos como filosóficos. Como resultado de ello, innumerables filósofos modernos rechazan por completo el supuesto subyacente en la interpretación lógica; es decir, que existen hechos objetivos acerca de la probabilidad de una afirmación, dada otra. Rechazar esta suposición lleva de manera natural a la interpretación subjetiva de la probabilidad; pero esto, como hemos visto, ofrece escasas esperanzas de una respuesta satisfactoria a Hume.

Aun cuando el problema de Hume fuera irresoluble, como parece que lo es, pensar en el problema todavía constituye un ejercicio valioso. La reflexión en torno

al problema de la inducción da pie a interesantes preguntas acerca de la estructura del razonamiento científico, la naturaleza de la racionalidad, el nivel apropiado de confianza en la ciencia, la interpretación de la probabilidad, entre otras. Al igual que la mayoría de las interrogantes filosóficas, tal vez estas preguntas no admitan una respuesta definitiva, pero al abordarlas aprendemos mucho acerca de la naturaleza y los límites del conocimiento científico.

3. LA EXPLICACIÓN EN LA CIENCIA

Uno de los objetivos más importantes de la ciencia es tratar de explicar lo que sucede en el mundo. A veces buscamos explicaciones con fines prácticos. Por ejemplo, quizá alguien desea saber por qué la capa de ozono se deteriora con tanta rapidez, a fin de hacer algo para remediar el problema. En otros casos buscamos explicaciones científicas simplemente para satisfacer nuestra curiosidad intelectual, pues deseamos entender más sobre el funcionamiento de nuestro mundo. Desde el punto de vista histórico, la búsqueda de explicaciones científicas ha sido motivada por ambos propósitos.

Con mucha frecuencia, la ciencia moderna proporciona explicaciones satisfactorias. Por ejemplo, los químicos pueden explicar por qué el sodio adquiere un color amarillo cuando se quema. Los astrónomos pueden explicar por qué los eclipses solares ocurren en determinado momento y no en otro. Los economistas pueden explicar por qué declinó el valor del yen en la década de 1980. Los genetistas pueden explicar por qué se repite la calvicie en algunas familias. Los neurofisiólogos pueden explicar por qué la privación extrema de oxígeno daña el cerebro. Y quizá el lector tenga muchos ejemplos más de explicaciones científicas exitosas.

Sin embargo, ¿qué *es* exactamente una explicación científica? ¿Qué significa decir que la ciencia puede "explicar" un fenómeno? Ésta es una pregunta que el ser humano se ha planteado desde los tiempos de Aristóteles; sin embargo, nuestro punto de partida será la famosa descripción de una explicación científica realizada en la década de 1950 por el filósofo estadunidense Carl Hempel. La descripción de Hempel se conoce como modelo de explicación de la *ley de cobertura*, por las razones que se expondrán enseguida.

Modelo de explicación de la ley de cobertura de Hempel

La idea que sustenta el modelo de la ley de cobertura es sencilla. Hempel observó que las explicaciones científicas, por lo general, se dan en respuesta a lo que él llamaba "preguntas que buscan la explicación del porqué". Se trata de interrogantes como "¿Por qué la tierra no es perfectamente esférica?" "¿Por qué las mujeres viven más que los hombres?", y otras por el estilo. En ellas se requiere de una explicación. En consecuencia, proporcionar una explicación científica es dar una respuesta satisfactoria a la pregunta que busca la explicación del porqué. Si pudiéramos determinar las características esenciales que tal respuesta debe tener, sabríamos lo que es la explicación científica.

Hempel sugería que las explicaciones científicas suelen tener la estructura lógica de un argumento, es decir, un conjunto de premisas seguidas por una conclusión. La conclusión establece que el fenómeno que requiere de una explicación ocurre en la realidad, y las

premisas nos dicen por qué la conclusión es verdadera. Por ejemplo, supóngase que alguien se pregunta por qué el azúcar se disuelve en agua. Ésta es una pregunta que busca la explicación del porqué. Para responderla, dice Hempel, debemos construir un argumento cuya conclusión sea "el azúcar se disuelve en agua" y cuyas premisas establezcan por qué esta conclusión es válida. La tarea de describir una explicación científica se vuelve entonces la de caracterizar precisamente la relación que debe haber entre un conjunto de premisas y una conclusión, con el fin de que las primeras constituyan una explicación de la última. Esto fue lo que se propuso hacer Hempel.

La solución de Hempel al problema fue triple. Primero, las premisas deben conllevar la conclusión, es decir, el argumento debe ser deductivo. Segundo, todas las premisas deben ser verdaderas. Tercero, las premisas deben constituir al menos una ley general; las leyes generales son aquellas como "todos los metales conducen electricidad", "la aceleración de un cuerpo varía en razón inversa a su masa", "todas las plantas contienen clorofila", entre otras, y contrastan con hechos particulares como "esta pieza de metal conduce electricidad", "la planta que está en mi escritorio contiene clorofila", etcétera. En ocasiones, las leyes generales reciben el nombre de "leyes de la naturaleza". Hempel aceptó que una explicación científica apelara tanto a hechos particulares como a leyes generales, pero sosteniendo que siempre era esencial, al menos, una ley general. De esta manera, en la concepción de Hempel, explicar un fenómeno es mostrar que su ocurrencia se desprende deductivamente de una ley general, quizá complementada con otras

leyes y hechos particulares, todos los cuales deben ser verdaderos.

Para ilustrar lo anterior, supóngase que trato de explicar por qué la planta que se encuentra sobre mi escritorio murió. Podría ofrecer la siguiente explicación: debido a la escasa iluminación que hay en mi estudio, la planta no contaba con luz solar; porque la luz solar es necesaria para que se lleve a cabo la fotosíntesis de la planta; y sin fotosíntesis una planta no puede elaborar los carbohidratos que requiere para sobrevivir, y por lo tanto morirá; en consecuencia, mi planta murió. Esta explicación se ajusta a la perfección al modelo de Hempel. Explica la muerte de la planta deduciéndola de dos leyes verdaderas: la luz solar es necesaria para la fotosíntesis, y la fotosíntesis es necesaria para sobrevivir; y un hecho particular: que la planta no contaba con luz solar. Dada la veracidad de las dos leyes y del hecho particular, la muerte de la planta *debía* ocurrir; ésa es la razón de por qué los primeros planteamientos constituyen una buena explicación del último.

De manera esquemática, el modelo de explicación de Hempel puede escribirse como sigue:

Leyes generales
Hechos particulares
$\Rightarrow$
Fenómeno por explicar

El fenómeno por explicar se denomina *explanandum*, y las leyes generales y hechos particulares que conforman la explicación se llaman *explanans*. El primero puede ser un hecho particular o una ley general. En el

caso anterior era un hecho particular: la muerte de mi planta. Pero en ocasiones aquello que queremos explicar *es algo general, por ejemplo por qué la exposición al sol* provoca cáncer en la piel. Ésta es una ley general, no un hecho particular. Para explicarla, debemos deducirla de leyes aún más fundamentales, es decir, leyes acerca del impacto de la radiación en la piel combinadas con hechos particulares acerca de la cantidad de radiación en la luz del sol. De este modo, la estructura de una explicación científica es en esencia la misma, al margen de que el *explanandum*, esto es, lo que queremos explicar, sea particular o general.

Es fácil apreciar por qué la representación de Hempel se llama modelo de explicación de la ley de cobertura. De acuerdo con él, la esencia de la explicación es mostrar que el fenómeno por explicar es "cubierto" por algunas leyes generales de la naturaleza. Ciertamente, esta idea tiene su atractivo. Demostrar que un fenómeno es consecuencia de una ley general, de alguna manera le quita el velo de misterio; lo vuelve más inteligible. Y, de hecho, las explicaciones científicas con frecuencia se ajustan al patrón descrito por Hempel. Por ejemplo, Newton explicó por qué los planetas se mueven en elipses alrededor del sol al demostrar que esto puede deducirse de su ley de la gravitación universal, junto con algunos supuestos menores adicionales. La explicación de Newton concuerda a la perfección con el modelo de Hempel: un fenómeno se explica demostrando que debe ocurrir, dadas las leyes de la naturaleza más algunos hechos adicionales. Después de Newton, ya no hubo misterio alguno en cuanto a por qué las órbitas planetarias son elípticas.

Hempel estaba consciente de que no todas las explicaciones científicas se ajustan con exactitud al modelo. Por ejemplo, si alguien pregunta por qué los atenienses están siempre inmersos en smog, es probable que ellos contestaran: "Debido a la contaminación causada por los automóviles". Ésta es una explicación científica perfectamente aceptable, aunque no menciona de ninguna ley. Sin embargo, Hempel argüiría que si la explicación se diera con lujo de detalles, las leyes se ajustarían a esa descripción. Al parecer, existe una ley que dice algo así como "si el monóxido de carbono se libera a la atmósfera terrestre en la concentración suficiente, se formarán nubes de smog". La explicación completa de por qué los atenienses se ahogan en smog citaría esta ley, junto con el hecho de que los gases provenientes de los autos contienen monóxido de carbono y en Atenas hay muchos autos. En la práctica, no esperaríamos una explicación tan detallada, a menos que fuéramos muy pedantes. Pero si hubiera que detallarla, correspondería muy bien con el patrón de la ley de cobertura.

Hempel derivó una interesante consecuencia filosófica de su modelo acerca de la relación entre explicación y predicción. Él argumentaba que eran dos lados de la misma moneda. Siempre que explicamos un fenómeno a partir de la ley de cobertura, las leyes y los hechos particulares que citamos nos permitirían predecir la ocurrencia del fenómeno si no lo conociéramos ya. Para ilustrar esto, considérese de nuevo la explicación de Newton de por qué las órbitas planetarias son elípticas. Este hecho se conocía desde mucho antes de que Newton lo describiera por medio de su teoría de la gravitación; fue descubierto por Kepler. Pero si no se hubiera conocido,

Newton habría podido predecirlo mediante su teoría de la gravitación, porque esa teoría concluye que las órbitas planetarias son elípticas dadas suposiciones menores adicionales. Hempel se refería a esto diciendo que cada explicación científica es una predicción en potencia, es decir, habría servido para predecir el fenómeno en cuestión si éste no se conociera. Lo inverso también es cierto, pensaba Hempel: toda predicción confiable es una explicación potencial. Para ilustrarlo, supóngase que los científicos predicen que los gorilas de montaña se extinguirán para el 2010, con base en información acerca de la destrucción de su hábitat. Supóngase también que esto resulta cierto. De acuerdo con Hempel, la información utilizada para predecir la extinción de los gorilas antes de suceder serviría para explicar ese mismo hecho después de ocurrido. La explicación y la predicción son estructuralmente simétricas.

Si bien el modelo de ley de cobertura capta muy bien la estructura de muchas explicaciones científicas, también enfrenta un sinnúmero de contraejemplos nada agradables. Estos contraejemplos son de dos tipos: por una parte, hay explicaciones científicas genuinas que no se ajustan al modelo de la ley de cobertura, ni siquiera en forma aproximada. Estos casos sugieren que el modelo de Hempel es demasiado estricto ya que excluye algunas explicaciones científicas *bona fide*. Por otra parte, hay casos que se ajustan al mencionado modelo, pero intuitivamente no cuentan como explicaciones científicas genuinas. Estos ejemplos hacen pensar que el modelo de Hempel es demasiado amplio ya que permite elementos que deben excluirse. Nos centraremos en los contraejemplos del segundo tipo.

El problema de la simetría

Suponga el lector que se encuentra acostado en la playa en un día soleado y observa que un asta refleja su sombra a lo largo de 20 metros en la arena (figura 8).

Alguien le pide que explique por qué la sombra tiene 20 metros. Ésta es una pregunta que busca una explicación del porqué. Una respuesta posible sería como sigue: "Los rayos de luz solar golpean el asta, que tiene exactamente 15 metros. El ángulo de elevación del sol es de 37°. Como la luz viaja en línea recta, un simple cálculo trigonométrico (tan 37° = 15/20) muestra que el asta proyectará una sombra de 20 metros de largo".

Ésta parece ser una explicación científica perfecta. Y al rescribirla de acuerdo con el esquema de Hempel, podemos ver que cumple con el modelo de la ley de cobertura:

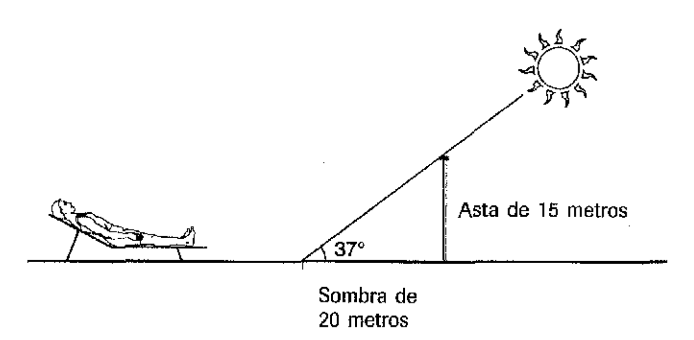


Figura 8. Un asta de 15 metros extiende una sombra de 20 metros en la playa cuando el sol se encuentra ubicado a 37°.

Leyes generales	La luz viaja en línea recta
	Leyes de trigonometría
Hechos particulares	El ángulo de elevación del sol es de 37°
	El asta tiene una altura de 15 metros
⇒	
Fenómeno por explicar	La sombra tiene 20 metros de longitud

La longitud de la sombra se deduce de la altura del asta y del ángulo de elevación del sol, junto con la ley óptica de que la luz viaja en línea recta y las leyes de la trigonometría. Como estas leyes son verdaderas, y como el asta de hecho tiene 15 metros de altura, la explicación satisface a la perfección los requerimientos de Hempel. Hasta ahí todo está bien. El problema surge debido a lo siguiente: supóngase que cambiamos el *explanandum* —que la sombra tiene 20 metros de longitud— con el hecho particular de que el asta tiene 15 metros de altura. El resultado es éste:

Leyes generales	La luz viaja en línea recta
	Leyes de trigonometría
Hechos particulares	El ángulo de elevación del sol es de 37°
	La sombra tiene 20 metros de longitud
⇒	
Fenómeno por explicar	El asta tiene una altura de 15 metros

Está claro que la "explicación" anterior también concuerda con el patrón de la ley de cobertura. La altura del asta se deduce de la longitud de la sombra proyectada y el ángulo de elevación del sol, junto con la ley óptica de que la luz viaja en línea recta y las leyes de la trigonometría. Sin embargo, no parece acertado considerar esto como una *explicación* de por qué el asta tiene 15 metros de altura. Se presume que la explicación real de por qué el asta tiene 15 metros de altura es que un carpintero la hizo deliberadamente así —no tiene nada que ver con la longitud de la sombra que proyecta. De esta manera, el modelo de Hempel es demasiado amplio: permite que algo cuente como una explicación científica que por supuesto no es.

La moraleja del ejemplo del asta es que el concepto de explicación revela una importante asimetría. La altura del asta explica la longitud de la sombra, dadas ciertas leyes relevantes y hechos adicionales, pero no viceversa. En general, si *x* explica *y*, dadas algunas leyes relevantes y hechos adicionales, entonces no será cierto que *y* explica *x*, dadas las mismas leyes y hechos. Esto en ocasiones se expresa diciendo que la explicación es una relación asimétrica. El modelo de la ley de cobertura de Hempel no respeta esa asimetría, porque así como podemos deducir la longitud de la sombra a partir de la altura del asta, dadas ciertas leyes y hechos adicionales, de esa misma forma podemos deducir la altura del asta a partir de la longitud de la sombra. En otras palabras, la ley de cobertura implica que la explicación debe ser una relación simétrica, pero en realidad es asimétrica. De este modo, el modelo de Hempel no capta en su totalidad lo que debe ser una explicación científica.

El caso de la sombra y el asta proporciona un contraejemplo de la tesis de Hempel de que la explicación y la predicción son dos lados de la misma moneda. La razón es obvia. Suponga el lector que no conoce la altura del asta. Si alguien le dijera que se proyecta una sombra de 20 metros y que el sol se ubica a 37°, usted estaría en posibilidad de predecir la altura del asta dado que conoce las leyes ópticas y trigonométricas relevantes. Sin embargo, como acabamos de ver, queda claro que esta información no explica por qué el asta tiene tal altura. Así, en este ejemplo la predicción y la explicación son diferentes. La información que sirve para predecir un hecho antes de conocerlo no es útil para explicarlo una vez que se conoce, lo cual contradice la tesis de Hempel.

El problema de la irrelevancia

Supóngase que un niño pequeño se encuentra en un cuarto de hospital lleno de mujeres embarazadas. El niño nota que un individuo en el cuarto —un hombre llamado Juan— no está embarazado y le pregunta al doctor por qué. Éste le responde: "Juan ha estado tomando píldoras anticonceptivas regularmente los últimos años. La gente que toma píldoras anticonceptivas con regularidad no se embaraza. Por lo tanto, Juan no está embarazado". Supongamos, en bien de la argumentación, que lo que dice el doctor es cierto; Juan tiene problemas mentales y, en consecuencia, toma píldoras anticonceptivas con la idea de que lo ayudan. Aun así, es evidente que la respuesta del doctor al niño no es muy útil. La explicación correcta de por qué Juan no está embarazado es, por supuesto, que es varón y los varones no se embarazan.

Sin embargo, la explicación del doctor se ajusta a la perfección al modelo de la ley de cobertura. El doctor deduce el fenómeno por explicar —que Juan no está embarazado— de la ley general de que la gente que toma píldoras anticonceptivas con regularidad no se embaraza, y del hecho particular de que Juan ha estado tomando píldoras anticonceptivas. Debido a que tanto la ley general como el hecho particular son ciertos, y como efectivamente conllevan el *explanandum*, de acuerdo con la ley de cobertura, el doctor ha brindado la explicación justa de por qué Juan no está embarazado. Por supuesto que no lo está. En consecuencia, el modelo de la ley de cobertura de nuevo es demasiado permisivo: tolera que haya explicaciones científicas que, por intuición, no lo son.

La moraleja entonces es que una buena explicación de cualquier fenómeno debe contener información que sea *relevante* para la ocurrencia del fenómeno. Aquí es donde la respuesta del doctor está equivocada. Si bien lo que éste dice es absolutamente veraz, el hecho de que Juan haya estado tomando píldoras anticonceptivas es irrelevante para su estado de no embarazo, porque no se habría embarazado aunque no hubiese tomado las píldoras. Por esta razón, la argumentación del doctor no constituye una buena respuesta a la pregunta del niño. El modelo de Hempel no respeta esta característica crucial de nuestro concepto de explicación.

Explicación y causalidad

Como el modelo de la ley de cobertura enfrenta múltiples problemas, es natural buscar una forma alternati-

va de entender la explicación científica. Algunos filósofos creen que la clave reside en el concepto de causalidad. Éste es un planteamiento muy atractivo. En muchos casos explicar un fenómeno es, en realidad, decir qué lo causó. Por ejemplo, si un investigador de accidentes está tratando de explicar un desastre aéreo, es obvio que intentará encontrar la causa del mismo. De hecho, las preguntas "¿por qué se desplomó el avión?" y "¿cuál fue la causa del accidente aéreo?" son prácticamente sinónimas. De manera similar, si un ecologista pretende explicar por qué hay menos biodiversidad de la que solía haber en los bosques lluviosos del trópico, está claro que busca la causa de tal reducción de la biodiversidad. El vínculo entre los conceptos de explicación y de causalidad es muy estrecho.

Impresionados por tal vínculo, un sinnúmero de filósofos abandonaron la explicación por medio de la ley de cobertura a favor de las descripciones basadas en la causalidad. Los detalles varían, pero la idea es que explicar un fenómeno es simplemente decir qué lo causó. En algunos casos, la diferencia entre la ley de cobertura y las descripciones causales no es muy grande, porque a menudo deducir la ocurrencia de un fenómeno a partir de una ley general *es* presentar su causa. Por ejemplo, recuérdese de nuevo la explicación de Newton de por qué las órbitas de los planetas son elípticas. Vimos que esta explicación se ajusta al modelo de la ley de cobertura porque Newton dedujo la forma de las órbitas planetarias a partir de su ley de gravitación, más algunos hechos adicionales. Pero tal explicación también era causal ya que las órbitas planetarias son provocadas por la atracción gravitacional entre los planetas y el sol.

Sin embargo, la ley de cobertura y las descripciones causales no son por completo equivalentes, sino que divergen en algunos casos. En realidad, muchos filósofos favorecen una explicación causal precisamente porque piensan que en esa forma se evitan algunos de los problemas que surgen con el modelo de la ley de cobertura. Recuérdese el problema del asta. ¿Por qué nuestras intuiciones nos dicen que la altura del asta explica la longitud de la sombra dadas las leyes, pero no viceversa? Tal vez porque la altura del asta es la causa de que la sombra tenga 20 metros, pero la sombra de 20 metros no es la causa de que el asta tenga 15 metros de altura. De esta manera, a diferencia del modelo de la ley de cobertura, una descripción causal de la explicación proporciona la respuesta "correcta" en el caso del asta y respeta nuestra intuición de que no podemos explicar la altura del asta a partir de la longitud de la sombra que proyecta.

La moraleja del problema del asta es que el modelo de la ley de cobertura no puede acomodar el hecho de que la explicación es una relación asimétrica. Ahora es obvio que la causalidad también es una relación asimétrica: si x es la causa de y, entonces y no es la causa de x. Por ejemplo, si un cortocircuito provocó el incendio, es claro que el incendio no provocó el cortocircuito. En consecuencia, es muy pertinente sugerir que la asimetría de la explicación deriva de la asimetría de la causalidad. Si explicar un fenómeno es decir qué lo causó, entonces como la causalidad es asimétrica debemos esperar que también la explicación lo sea, como en realidad ocurre. El modelo de la ley de cobertura no funciona en el problema del asta precisamente porque pretende ana-

lizar el concepto de explicación científica sin referencia a la causalidad.

Lo mismo es cierto en el caso de las píldoras anticonceptivas. El hecho de que Juan tome píldoras anticonceptivas no explica por qué no está embarazado, ya que dichas píldoras no son la causa de que él no lo esté. Más bien, la causa del no estar embarazado es el género de Juan. Por esta razón, pensamos que la respuesta correcta a la pregunta "¿por qué Juan no está embarazado?" es "porque es un varón, y los varones no se embarazan", y no la respuesta del doctor. El argumento de éste satisface el modelo de la ley de cobertura, pero como no identifica en forma correcta la causa del fenómeno que deseamos explicar, no constituye una explicación genuina. La enseñanza que extraemos del ejemplo de las píldoras anticonceptivas es que una explicación genuinamente científica debe contener información que sea relevante para el *explanandum*. En efecto, ésta es otra forma de decir que la explicación debe revelarnos la causa del *explanandum*. Las descripciones de la explicación científica basadas en la causalidad no van en contra del problema de la irrelevancia.

Es muy fácil criticar a Hempel por no respetar el vínculo estrecho entre causalidad y explicación, y mucha gente lo ha hecho. Esta crítica es, en cierta forma, injusta. Hempel pertenecía a una postura filosófica conocida como *empirismo*, y por tradición los empiristas son muy recelosos del concepto de causalidad. El empirismo postula que todos nuestros conocimientos provienen de la experiencia. David Hume, a quien conocimos en el capítulo anterior, fue una figura destacada de esta escuela y argumentaba que es imposible experimentar las relaciones causales. En consecuencia, concluía que no existen;

¡la causalidad es producto de la imaginación! Esta conclusión es muy difícil de aceptar. ¿Es un hecho objetivo que lanzar algunos vasos de vidrio es la causa de que se rompan? Hume lo negaba. Él admitía que es un hecho objetivo *que la mayoría de los vasos de vidrio que son* lanzados se rompen. Sin embargo, la noción de causalidad va más allá de esto. Incluye la idea de un lazo causal entre el lanzamiento y la rotura, es decir, que lo primero provoca lo segundo. De acuerdo con Hume, tales vínculos no se encuentran en el mundo: todo lo que vemos es un vaso lanzado que se rompe un momento después. No experimentamos una conexión causal entre el primer acontecimiento y el segundo. Por lo tanto, la causalidad es una ficción.

La mayoría de los empiristas no terminan de aceptar esta sorprendente conclusión. Sin embargo, como resultado del trabajo de Hume, tienden a considerar la causalidad como un concepto que debe tratarse con mucha cautela. De este modo, para un empirista la idea de analizar el concepto de explicación en términos del concepto de causalidad podría parecer perversa. Si la meta es clarificar el concepto de explicación científica, como en el caso de Hempel, no importa mucho utilizar nociones que requieren la misma clarificación. Y para los empiristas, la causalidad necesita una aclaración filosófica definitiva. Así, el hecho de que el modelo de la ley de cobertura no mencione la causalidad no fue un mero descuido por parte de Hempel. En años recientes, la popularidad del empirismo ha declinado un poco. Además, muchos filósofos han llegado a la conclusión de que el concepto de causalidad, si bien es problemático desde el punto de vista filosófico, resulta indispensable para la forma de ver el

mundo. De esta manera, la idea de una descripción de la explicación científica basada en la causalidad parece más aceptable que en la época de Hempel.

Las descripciones de la explicación científica basadas en la causalidad ciertamente captan muy bien la estructura de muchas explicaciones científicas reales; sin embargo, ¿termina con ellas la historia? Múltiples filósofos dicen que no, sobre la base de que ciertas explicaciones científicas no parecen ser causales. Hay un tipo de ejemplo que tiene sus raíces en lo que en ciencia llamamos "identificaciones teóricas". Las identificaciones teóricas implican identificar un concepto con otro, por lo general extraído de una rama diferente de la ciencia. "El agua es H_2O" es un ejemplo, como lo es "la temperatura es energía cinética molecular promedio". En ambos casos, un concepto familiar de uso diario se iguala o identifica con un concepto científico más hermético. A menudo, las identificaciones teóricas nos brindan lo que parecen ser explicaciones científicas. Cuando los químicos descubrieron que el agua es H_2O, explicaron de ese modo lo que es el agua. De manera similar, cuando los físicos descubrieron que la temperatura de un objeto es la energía cinética promedio de sus moléculas, explicaron en esa forma lo que es la temperatura. Pero ninguna de esas explicaciones es causal. Estar compuesto de H_2O no *causa* que una sustancia sea agua —sólo *es* el ser agua. Tener una energía cinética molecular promedio no *causa* que un líquido tenga la temperatura que tiene —sólo *es* tener esa temperatura. Si estos ejemplos se aceptan como explicaciones científicas legítimas, entonces lo que sugieren es que las descripciones de la explicación basadas en la causalidad no pueden ser toda la historia.

¿Puede la ciencia explicar todo?

La ciencia moderna puede explicar una buena parte del mundo en que vivimos. Sin embargo, también hay numerosos hechos que no han sido explicados por la ciencia, o por lo menos no lo han sido de manera exhaustiva. El origen de la vida es un ejemplo de ello. Sabemos que hace cuatro mil millones de años, moléculas con la capacidad de hacer copias de sí mismas aparecieron en la sopa primigenia, y la vida evolucionó a partir de ese momento. Sin embargo, no entendemos cómo es que estaban allí esas moléculas autorreplicantes. Otro ejemplo es el hecho de que los niños autistas suelen tener muy buena memoria. Múltiples estudios de niños autistas han confirmado este hecho, pero nadie ha podido explicarlo con éxito.

Mucha gente piensa que, al final, la ciencia podrá explicar hechos como éstos. Es un punto de vista muy respetable. Los biólogos moleculares trabajan duro sobre el problema del origen de la vida, y sólo un pesimista diría que nunca lo resolverán. Hay que admitir que el problema no es sencillo, en especial porque es muy difícil saber qué condiciones existían hace cuatro mil millones de años. Sin embargo, no hay razón para pensar que el origen de la vida nunca será explicado. Lo mismo ocurre con el asunto de los niños autistas. La ciencia de la memoria aún está en pañales, y hay mucho por descubrir acerca de la base neurológica del autismo. Por supuesto, no podemos garantizar que tarde o temprano se encontrará una explicación. Pero dado el número de explicaciones exitosas que la ciencia moderna ha planteado, deben destinarse recursos para diluci-

dar también los múltiples hechos inexplicados hasta la fecha.

Sin embargo, ¿significa esto que la ciencia puede, en principio, explicarlo todo? ¿O hay algunos fenómenos que eludirán por siempre la explicación científica? No es una pregunta fácil de responder. Por un lado, asegurar que la ciencia puede explicar todo es un acto de arrogancia. Por otro lado, afirmar que algún fenómeno en particular nunca tendrá una explicación científica revela una posición limitada. La ciencia cambia y evoluciona con gran rapidez, y un fenómeno que parecía inexplicable desde el punto de vista de la ciencia actual tal vez pueda explicarse con facilidad en el futuro.

De acuerdo con algunos filósofos, hay una razón puramente lógica de por qué la ciencia nunca podrá explicar todo. Para explicar algo, lo que sea, necesitamos invocar algo más. Sin embargo, ¿qué explica el segundo elemento? Para ilustrar esto, recuérdese que Newton explicaba una amplia gama de fenómenos a partir de su ley de la gravitación. Ahora bien, ¿qué explica la ley de la gravitación? Si alguien preguntara *por qué* los cuerpos ejercen una fuerza gravitacional sobre otro cuerpo, ¿qué le diríamos? Newton no tiene respuesta para esta pregunta. En la ciencia newtoniana la ley de la gravitación era un principio fundamental: explicaba otros fenómenos, pero no se explicaba a sí misma. Aquí la enseñanza puede generalizarse. Por más que la ciencia del futuro esté en posibilidades de dar explicaciones, éstas tendrán que hacer uso de ciertas leyes y principios fundamentales. Como nada puede explicarlos en sí mismos, se entiende que por lo menos algunas de esas leyes y principios permanecerán sin explicación.

Sin importar cómo se emplee este argumento, es innegable que resulta muy abstracto. Implica mostrar que algunas cosas nunca se explicarán, pero no nos dice lo que son. Sin embargo, algunos filósofos han hecho sugerencias concretas acerca de fenómenos que, según su opinión, la ciencia nunca aclarará. Un ejemplo es la conciencia; el rasgo que distingue a criaturas pensantes, con sentimientos, de otros animales superiores. Se han realizado múltiples investigaciones sobre la naturaleza de la conciencia por parte de estudiosos del cerebro, psicólogos y otros científicos. No obstante, innumerables filósofos actuales afirman que cualquiera que sea el resultado de tales investigaciones, nunca se explicará a cabalidad la naturaleza de la conciencia. Hay algo intrínsecamente misterioso en el fenómeno de la conciencia, sostienen, que ninguna investigación puede eliminar.

¿En qué se fundamenta este punto de vista? El argumento básico es que las experiencias de la conciencia tienen, esencialmente y a diferencia de cualquier otra cosa en el mundo, un "aspecto subjetivo". Considérese, por ejemplo, la experiencia de ver un filme de terror. Ésta experiencia provoca una "sensación" muy distintiva; en la jerga actual, hay "algo que es como" tener la experiencia. Algún día los neurocientíficos podrán describir con detalle qué produce en el cerebro la sensación de aterrarnos. Sin embargo, ¿explicará esto por qué ver una película de terror se siente de esa manera y no de otra? Mucha gente cree que no. Según esta visión, el estudio científico del cerebro puede, cuando mucho, decirnos qué procesos cerebrales están correlacionados con lo que experimenta la conciencia. Es indudable que se trata de información interesante y valiosa. Sin embargo, no nos

dice *por qué* ciertos procesos puramente físicos del cerebro dan como resultado experiencias con sensaciones subjetivas distintivas. Por tanto la conciencia, o al menos un importante aspecto de ella, no tiene una explicación científica.

Aunque necesario, este argumento es muy controversial y no es adoptado por todos los filósofos, ya no digamos por los neurocientíficos. De hecho, un conocido libro publicado en 1991 por el filósofo Daniel Dennet tiene el desafiante título de *Consciousness Explained* (*Conciencia explicada*). A los defensores del punto de vista de que la conciencia es inexplicable en términos científicos en ocasiones se les señala como carentes de imaginación. Aun cuando sea cierto que la ciencia del cerebro, en su nivel actual, no puede explicar el aspecto subjetivo de la experiencia consciente, ¿no podemos imaginar el surgimiento de un tipo radicalmente diferente de técnicas explicativas, que *sí* nos aclaren por qué nuestras experiencias se sienten de esa manera particular? Hay una larga tradición de filósofos que han tratado de decir a los científicos lo que es posible y lo que no, con el resultado de que algunos desarrollos científicos posteriores han probado que esos filósofos estaban equivocados. Sólo el tiempo nos dirá si quienes argumentan que la conciencia debe eludir siempre la explicación científica tendrán el mismo destino.

Explicación y reducción

Las diferentes disciplinas científicas están diseñadas para explicar distintos tipos de fenómenos. Explicar por qué el caucho no conduce electricidad es una tarea de los fí

sicos. Explicar por qué las tortugas tienen vidas tan prolongadas es tarea de los biólogos. Explicar por qué las tasas de interés más altas reducen la inflación es una tarea de los economistas, etcétera. En pocas palabras, hay una división del trabajo entre las diversas ciencias: cada una de ellas se encarga de explicar su propio conjunto de fenómenos. Esto aclara por qué las ciencias no suelen competir entre sí —por qué los biólogos, por ejemplo, no se preocupan de que los físicos o los economistas se metan en sus terrenos.

No obstante, existe la idea generalizada de que las distintas ramas de la ciencia no se encuentran en el mismo nivel: algunas son más importantes que otras. La física suele considerarse la ciencia fundamental. ¿Por qué? Porque los objetos estudiados por las otras ciencias finalmente se componen de partículas físicas. Por ejemplo, considérense los organismos vivos. Los organismos vivos están hechos de células, que a su vez están hechas de agua, ácidos nucleicos (como el ADN), proteínas, azúcares y lípidos (grasas), todo lo cual consta de moléculas o grandes cadenas de moléculas que se juntan. Sin embargo, las moléculas están hechas de átomos, que son partículas físicas. De este modo, los objetos estudiados por los biólogos terminan siendo entidades físicas muy complejas. Lo mismo se puede aplicar a las demás ciencias, incluso las sociales. Tómese por ejemplo, la economía. Esta ciencia estudia el comportamiento de las corporaciones y los consumidores en el mercado, así como las consecuencias de tal comportamiento. Pero los consumidores son seres humanos y las corporaciones están conformadas también por seres humanos, que son organismos vivos y, en consecuencia, entidades físicas.

¿Significa esto que, en principio, la física puede incluir a todas las ciencias de alto nivel? Como todo está hecho de partículas físicas, ¿podría pensarse que si tuviéramos una física completa, que nos permitiera predecir a la perfección el comportamiento de cada partícula física en el universo, todas las demás ciencias se volverían superfluas? La mayoría de los filósofos rechaza esta idea. Después de todo, es absurdo sugerir que la física podría más adelante aclarar lo que explican la biología y la economía. El prospecto de deducir las leyes de la economía y de la biología a partir de las leyes de la física se ve muy remoto. Como quiera que vaya a ser la física en el futuro, es poco probable que pueda predecir los altibajos económicos. Ciencias como la biología y la economía, lejos de ser reducibles a la física, son más bien autónomas.

Esto nos enfrenta a un problema filosófico. ¿Cómo puede una ciencia que estudia entidades físicas *no* ser reducible a la física? Dando por hecho que las ciencias de alto nivel son independientes de la física, ¿cómo es posible esto? De acuerdo con algunos filósofos, la respuesta reside en el hecho de que los objetos estudiados por las ciencias de alto nivel se "realizan de manera múltiple" en el nivel físico. Para ilustrar esta idea de la múltiple realización, imagínese una colección de ceniceros. Cada cenicero en lo individual es, por supuesto, una entidad física, como todo lo demás en el universo. Sin embargo, la composición física de los ceniceros podría ser muy diferente: algunos podrían estar hechos de vidrio, otros de aluminio, otros más de plástico, etcétera. Y es probable que difirieran en tamaño, forma y peso. Prácticamente no hay límites en la gama de propiedades físicas

que un cenicero puede tener. De este modo, es imposible definir el concepto "cenicero" sólo en términos físicos. No podemos encontrar una afirmación verdadera de la forma "*x* es un cenicero si y sólo si *x* es...", donde el espacio en blanco puede llenarse con una expresión tomada del lenguaje de la física. Esto significa que los ceniceros se producen de múltiples maneras a nivel físico.

A menudo los filósofos invocan esta realización múltiple para explicar por qué la psicología no puede reducirse a la física o la química, si bien la explicación en principio funciona para cualquier ciencia de alto nivel. Considérese, por ejemplo, el hecho biológico de que las células nerviosas viven más que las células de la piel. Las células son entidades físicas, de modo que se podría pensar que la física algún día explicará este hecho. Sin embargo, en el nivel microscópico las células responden a la realización múltiple. Finalmente están hechas de átomos, aunque la disposición precisa de éstos sea muy distinta en las diversas células. De este modo, el concepto "célula" no puede definirse con términos extraídos de la física fundamental. No hay una afirmación verdadera de la forma "*x* es una célula si y sólo si *x* es...", donde el espacio en blanco puede llenarse con una expresión tomada del lenguaje de la microfísica. Si esto es correcto, significa que la física fundamental nunca podrá explicar por qué las células nerviosas viven más que las células de la piel, o cualquier otro aspecto relativo a las células. El vocabulario de la biología celular y el de la física no se corresponden en la forma debida. En consecuencia, tenemos una explicación de por qué la biología celular no puede reducirse a la física, a pesar del hecho de que las

células son entidades físicas. No todos los filósofos están felices con la teoría de la realización múltiple, pero ésta promete brindar una explicación clara de la autonomía de las ciencias de alto nivel, tanto respecto de la física como de cualquier otra.

4. REALISMO Y ANTIRREALISMO

Hay un viejo debate filosófico entre dos escuelas de pensamiento opuestas llamadas *realismo* e *idealismo*. El realismo sostiene que el mundo físico existe con independencia del pensamiento y la percepción humanos. El idealismo niega esto y postula que el mundo físico es, en cierta forma, dependiente de la actividad consciente de los seres humanos. Para la mayoría de la gente, el realismo es más probable que el idealismo porque se ajusta mejor a la visión de sentido común de que los hechos acerca del mundo están "allí", esperando a ser descubiertos por nosotros, mientras que el idealismo rechaza esta noción. De hecho, a primera vista el idealismo puede sonar absurdo. Si se supone que las rocas y los árboles continuarían existiendo aun cuando la raza humana desapareciera, ¿en qué sentido su existencia depende de la mente humana? En realidad el problema es un poco más sutil que eso, y los filósofos continúan discutiéndolo hoy día.

Aunque el tradicional conflicto realismo/idealismo pertenece al área de la filosofía llamada *metafísica*, en realidad no tienen nada que ver con la ciencia. Nuestro interés en este capítulo se concentra en un debate más moderno que se limita a la ciencia y que es, en cierta forma, análogo al problema tradicional. El debate es entre una posición denominada *realismo científico* y su opues

to, conocido como *antirrealismo* o *instrumentalismo*. De ahora en adelante, usaremos el término "realismo" para aludir al realismo científico, y "realista" para referirnos al realista científico.

Realismo científico y antirrealismo

Como la mayoría de los "ismos" filosóficos, hay muchas versiones diferentes del realismo científico, de modo que este movimiento no puede definirse con exactitud. Sin embargo, la idea básica es clara. Los realistas afirman que el propósito de la ciencia es proporcionar una descripción verdadera del mundo. Esto puede sonar como una doctrina inocua. Con toda seguridad, nadie piensa que la ciencia pretende generar una descripción falsa del mundo. Pero los antirrealistas no lo ven de la misma forma. Ellos consideran que el objetivo de la ciencia es proporcionar una descripción verdadera de una *parte* del mundo, la parte "observable". De acuerdo con los antirrealistas, como existe una parte "inobservable" del mundo, es irrelevante si lo que la ciencia dice es verdadero o no.

¿Qué quieren decir exactamente los antirrealistas con la parte "observable" del mundo? Se refieren al mundo cotidiano, de mesas y sillas, árboles y animales, tubos de ensayo y mecheros de Bunsen, truenos y avalanchas de nieve, etcétera. Los seres humanos pueden percibir en forma directa cosas como éstas, por eso se les llama observables. Algunas ramas de la ciencia tratan en forma exclusiva con objetos que son observables. Un ejemplo es la paleontología o estudio de los fósiles. Éstos son, sin duda, observables y toda persona con una vista normal

puede apreciarlos. Sin embargo, hay otras ciencias que abordan el lado no observable de la realidad. La física es el ejemplo obvio: los físicos elaboran teorías sobre los átomos, los electrones, los quarks, los leptones y otras partículas extrañas, ninguna de las cuales puede observarse en el ámbito normal del mundo. Entidades de este tipo rebasan el alcance de los poderes de observación de los seres humanos.

Con respecto a ciencias como la paleontología, no hay diferencias entre realistas y antirrealistas. Como los fósiles son observables, es obvio que la tesis realista de que la ciencia trata de describir con veracidad el mundo y la tesis antirrealista de que la ciencia pretende describir en forma veraz el mundo observable coinciden en lo concerniente al estudio de los fósiles. Sin embargo, cuando se trata de ciencias como la física, realistas y antirrealistas chocan. Los primeros dicen que cuando los físicos crean teorías acerca de electrones y quarks, intentan presentar una descripción veraz del mundo subatómico, al igual que los paleontólogos tratan de proporcionar una descripción verdadera del mundo de los fósiles. Los antirrealistas están en desacuerdo: ellos ven una diferencia fundamental entre las teorías de la física subatómica y de la paleontología.

Desde el punto de vista de los antirrealistas, ¿a *qué* se refieren los físicos cuando hablan de entidades no observables? Por lo general, los primeros afirman que esas entidades son ficciones convenientes, introducidas por los físicos para ayudar a predecir fenómenos observables. Para ilustrar esto, considérese la teoría cinética de los gases, que dice que cualquier volumen de un gas contiene un gran número de pequeñas entidades en movimiento.

Estas entidades —las moléculas— no son observables. De la teoría cinética podemos deducir varias consecuencias acerca del comportamiento observable de los gases, por ejemplo que calentar una muestra de gas provocará que éste se expanda si la presión permanece constante, lo cual puede verificarse en forma experimental. De acuerdo con los antirrealistas, el único propósito de ubicar las entidades no observables en la teoría cinética es deducir consecuencias de este tipo. No importa si los gases contienen o no moléculas en movimiento; el punto de la teoría cinética no es en realidad describir los hechos ocultos, sino sólo proporcionar una forma conveniente de predecir observaciones. Podemos ver entonces por qué el antirrealismo en ocasiones es llamado "instrumentalismo", pues concibe a las teorías científicas como instrumentos para ayudarnos a predecir fenómenos observables, más que como intentos de describir la naturaleza subyacente de la realidad.

Como el debate realismo/antirrealismo se centra en el propósito de la ciencia, podría pensarse que sería posible resolverlo simplemente preguntando a los propios científicos. ¿Por qué no hacer una encuesta entre los hombres de ciencia acerca de sus propósitos? Sin embargo, esta sugerencia tiene el problema de que toma en forma demasiado literal la expresión "propósito de la ciencia". Cuando preguntamos cuál es este propósito, no nos interesa conocer las intenciones individuales de los científicos. Más bien preguntamos cómo dar el mejor sentido a lo que realizan y dicen quienes hacen la ciencia —cómo interpretar la actividad científica. Los realistas consideran que debemos interpretar todas las teorías científicas como intentos de describir la realidad, mien-

tras que los antirrealistas piensan que esta interpretación es inapropiada para las teorías que hablan de entidades y procesos no observables. Sería interesante descubrir los puntos de vista de los científicos sobre el debate realismo/antirrealismo, aunque el problema a fin de cuentas es filosófico.

Buena parte de la motivación del antirrealismo se basa en la creencia de que no podemos conocer la parte inobservable de la realidad porque está más allá de la comprensión humana. En esta perspectiva, los límites del conocimiento científico son establecidos por nuestros poderes de observación. De este modo, la ciencia nos puede brindar conocimientos sobre fósiles, árboles y cristales de azúcar, pero no sobre átomos, electrones y quarks, porque estos últimos no son observables. Esta idea no es tan descabellada. Nadie en su sano juicio podría dudar de la existencia de fósiles y árboles, pero no ocurre lo mismo con los átomos y los electrones. Como vimos en el capítulo anterior, a finales del siglo XIX muchos científicos importantes dudaron de la existencia del átomo. Es obvio que quien acepte esta visión tiene que explicar *por qué,* si el conocimiento científico se limita a lo que puede observarse, los científicos elaboran teorías sobre entidades no observables. La explicación de los antirrealistas es que se trata de ficciones convenientes, diseñadas para ayudar a predecir el comportamiento de las cosas en el mundo observable.

Los realistas no están de acuerdo con que el conocimiento científico está limitado por nuestros poderes de observación. Por el contrario, consideran que ya contamos con conocimientos sustanciales sobre la realidad no observable. Hay muchas razones para creer que nuestras

teorías científicas son verdaderas, y las mejores teorías científicas hablan de entidades no observables. Considérese, por ejemplo, la teoría atómica de la materia, que dice que todo está hecho de átomos. La teoría atómica es capaz de explicar una amplia gama de hechos acerca del mundo. De acuerdo con los realistas, ésa es una buena evidencia de que la teoría es veraz, es decir, que la materia en realidad está compuesta por átomos que se comportan como dice la teoría. Por supuesto, la teoría *podría* ser falsa a pesar de la aparente evidencia en su favor, pero lo mismo podría ocurrirle a cualquier otra teoría. El hecho de que los átomos no sean observables no es razón para interpretar la teoría atómica como cualquier otra cosa que un intento de describir la realidad, intento muy exitoso por cierto.

En un sentido estricto, debemos distinguir entre dos tipos de antirrealismo. De acuerdo con el primer tipo, hablar de entidades inobservables no debe entenderse en forma literal. Así, cuando un científico lanza una teoría sobre los electrones, por ejemplo, no debemos pensar que plantea la existencia de entidades llamadas "electrones". Más bien, su referencia a los electrones es metafórica. Esta forma de antirrealismo fue muy socorrida en la primera mitad del siglo XX, pero son pocos los que la defienden en la actualidad. En buena medida fue motivada por una doctrina de la filosofía del lenguaje de acuerdo con la cual no es posible hacer afirmaciones significativas acerca de cosas que en principio no pueden observarse; doctrina que escasos filósofos contemporáneos ven con buenos ojos. El segundo tipo de antirrealismo acepta que hablar de entidades no observables debe tomarse en su justo valor si una teoría dice que los electrones están ne-

gativamente cargados, es cierta si los electrones existen y están negativamente cargados, pero falsa si no es así. Sin embargo, los antirrealistas dicen que nunca lo sabremos. De esta manera, la actitud correcta hacia las afirmaciones de los científicos sobre la realidad no observable es de total agnosticismo. Son verdaderas o falsas, pero somos incapaces de saber cuáles son unas u otras. El antirrealismo más moderno es de este segundo tipo.

El argumento de los "no milagros"

Muchas teorías acerca de entidades no observables son *empíricamente exitosas*; hacen excelentes predicciones respecto al comportamiento de los objetos en el mundo observable. Un caso entre muchos es la teoría cinética de los gases, mencionada arriba. Además, dichas teorías a menudo tienen importantes aplicaciones tecnológicas. Por ejemplo, la tecnología láser se basa en una teoría acerca de lo que ocurre cuando los electrones de un átomo van de estados de energía más altos a otros más bajos. Y el láser funciona: nos permite corregir nuestra visión, atacar al enemigo con misiles guiados y otras muchas cosas más. En consecuencia, la teoría que sustenta la tecnología láser es empíricamente muy exitosa.

El éxito empírico de las teorías que postulan entidades inobservables es la base de uno de los argumentos más sólidos del realismo científico, conocido como argumento de los "no milagros". De acuerdo con él, sería una extraordinaria coincidencia que una teoría que habla de electrones y átomos hiciera predicciones seguras acerca del mundo observable, a menos que los electrones y los átomos de verdad existieran. Si no existen, ¿qué explica

la cercana correspondencia de la teoría con los datos de la observación? De manera similar, ¿cómo explicamos los avances tecnológicos propiciados por las teorías, a menos que se suponga que dichas teorías son ciertas? Si los átomos y los electrones son sólo "ficciones convenientes", como sostienen los antirrealistas, ¿entonces por qué funciona el láser? Desde este punto de vista, ser antirrealista es casi como creer en los milagros. Y como es mejor no creer en los milagros si se dispone de una alternativa no milagrosa, debemos ser realistas y no lo contrario.

Con este argumento no se pretende *probar* que el realismo está en lo correcto y que el antirrealismo está equivocado. Más bien se trata de un argumento acerca de las posibilidades; una inferencia a partir de la mejor explicación. El fenómeno por explicar es el hecho de que muchas teorías que postulan entidades inobservables disfrutan de un gran éxito empírico. La mejor explicación de este hecho, dicen quienes defienden el argumento de los "no milagros", es que las teorías son verdaderas; las entidades en cuestión existen en la realidad y se comportan justo como dicen las teorías. A menos que aceptemos esta explicación, el éxito empírico de nuestras teorías será un misterio inexplicable.

Los antirrealistas han respondido en varias formas al argumento de los "no milagros". Una respuesta apela a ciertos hechos tomados de la historia de la ciencia. En esta historia hay muchos ejemplos de teorías que ahora consideramos falsas y que fueron empíricamente muy exitosas en su momento. En un artículo muy conocido, el filósofo estadunidense Larry Laudan menciona más de treinta de ellas, extraídas de una gama de distintas disciplinas y eras científicas. La teoría del flogisto relativa

a la combustión es un ejemplo. Esta teoría, que gozó de una amplia aceptación hasta finales del siglo XVIII, sostenía que cuando un objeto se quema, libera a la atmósfera una sustancia llamada "flogisto". La química moderna nos dice que esto es falso: no existe una sustancia semejante. Más bien, la combustión ocurre por una reacción al oxígeno del aire. Sin embargo, a pesar de la no existencia del flogisto, esta teoría disfrutó de un enorme éxito empírico y se ajustaba bastante bien a los datos de observación disponibles en la época.

Algunos ejemplos de este tipo sugieren que el argumento de los "no milagros" del realismo científico va demasiado rápido. Los partidarios de este argumento consideran el éxito empírico de las teorías científicas actuales como evidencia de su veracidad. Sin embargo, la historia de la ciencia muestra que algunas teorías en principio exitosas han resultado falsas. Entonces, ¿cómo saber si no le espera el mismo destino a las teorías modernas? ¿Cómo saber si la teoría atómica de la materia, por ejemplo, no seguirá el camino de la teoría del flogisto? Una vez que pongamos la debida atención a la historia de la ciencia, afirman los antirrealistas, veremos que la inferencia que deriva del éxito empírico la verdad teórica es muy frágil. Así, la actitud racional hacia la teoría atómica es de agnosticismo: puede ser verdad, puede no serlo. Simplemente no sabemos, dicen los antirrealistas.

Esto constituye una vigorosa oposición al argumento de los "no milagros", pero no es completamente decisiva. Algunos realistas han respondido haciendo ligeras modificaciones al argumento. De acuerdo con la versión modificada, el éxito empírico de una teoría es evidencia de que lo que ésta dice del mundo no observable es

la cercana correspondencia de la teoría con los datos de la observación? De manera similar, ¿cómo explicamos los avances tecnológicos propiciados por las teorías, a menos que se suponga que dichas teorías son ciertas? Si los átomos y los electrones son sólo "ficciones convenientes", como sostienen los antirrealistas, ¿entonces por qué funciona el láser? Desde este punto de vista, ser antirrealista es casi como creer en los milagros. Y como es mejor no creer en los milagros si se dispone de una alternativa no milagrosa, debemos ser realistas y no lo contrario.

Con este argumento no se pretende *probar* que el realismo está en lo correcto y que el antirrealismo está equivocado. Más bien se trata de un argumento acerca de las posibilidades; una inferencia a partir de la mejor explicación. El fenómeno por explicar es el hecho de que muchas teorías que postulan entidades inobservables disfrutan de un gran éxito empírico. La mejor explicación de este hecho, dicen quienes defienden el argumento de los "no milagros", es que las teorías son verdaderas; las entidades en cuestión existen en la realidad y se comportan justo como dicen las teorías. A menos que aceptemos esta explicación, el éxito empírico de nuestras teorías será un misterio inexplicable.

Los antirrealistas han respondido en varias formas al argumento de los "no milagros". Una respuesta apela a ciertos hechos tomados de la historia de la ciencia. En esta historia hay muchos ejemplos de teorías que ahora consideramos falsas y que fueron empíricamente muy exitosas en su momento. En un artículo muy conocido, el filósofo estadunidense Larry Laudan menciona más de treinta de ellas, extraídas de una gama de distintas disciplinas y eras científicas. La teoría del flogisto relativa

a la combustión es un ejemplo. Esta teoría, que gozó de una amplia aceptación hasta finales del siglo XVIII, sostenía que cuando un objeto se quema, libera a la atmósfera una sustancia llamada "flogisto". La química moderna nos dice que esto es falso: no existe una sustancia semejante. Más bien, la combustión ocurre por una reacción al oxígeno del aire. Sin embargo, a pesar de la no existencia del flogisto, esta teoría disfrutó de un enorme éxito empírico y se ajustaba bastante bien a los datos de observación disponibles en la época.

Algunos ejemplos de este tipo sugieren que el argumento de los "no milagros" del realismo científico va demasiado rápido. Los partidarios de este argumento consideran el éxito empírico de las teorías científicas actuales como evidencia de su veracidad. Sin embargo, la historia de la ciencia muestra que algunas teorías en principio exitosas han resultado falsas. Entonces, ¿cómo saber si no le espera el mismo destino a las teorías modernas? ¿Cómo saber si la teoría atómica de la materia, por ejemplo, no seguirá el camino de la teoría del flogisto? Una vez que pongamos la debida atención a la historia de la ciencia, afirman los antirrealistas, veremos que la inferencia que deriva del éxito empírico la verdad teórica es muy frágil. Así, la actitud racional hacia la teoría atómica es de agnosticismo: puede ser verdad, puede no serlo. Simplemente no sabemos, dicen los antirrealistas.

Esto constituye una vigorosa oposición al argumento de los "no milagros", pero no es completamente decisiva. Algunos realistas han respondido haciendo ligeras modificaciones al argumento. De acuerdo con la versión modificada, el éxito empírico de una teoría es evidencia de que lo que ésta dice del mundo no observable es

una aproximación a la verdad, más que la verdad exacta. Esta afirmación menos comprometida no es tan vulnerable a los contraejemplos de la historia de la ciencia. También es más modesta: permite a los realistas admitir que las teorías actuales pueden no ser correctas hasta el último detalle, pero que, en términos generales, sí lo son. Otra forma de modificar el argumento es refinar la noción de éxito empírico. Algunos realistas defienden la idea de que el éxito empírico no sólo es cosa de ajustar los datos observacionales conocidos, sino de permitir la predicción de nuevos fenómenos observables desconocidos hasta ese momento. Con este criterio más riguroso de éxito empírico, no es tan fácil encontrar ejemplos históricos de teorías empíricamente exitosas que después resultaron falsas.

Es discutible si esos refinamientos pueden en realidad salvar el argumento de los "no milagros". Ciertamente reducen el número de contraejemplos tomados de la historia, pero no por completo. Uno que permanece es la teoría de las ondas de luz, propuesta, por vez primera, por Christian Huygens, en 1690. Según esta teoría, la luz consiste en vibraciones en forma de ondas en un medio invisible llamado éter, que se suponía permeaba el universo. (El rival de la teoría de las ondas era la teoría de las partículas de luz, favorecida por Newton, la cual sostenía que la luz estaba conformada por partículas muy pequeñas emitidas por una fuente luminosa.) La teoría de las ondas no tuvo una aceptación generalizada hasta que en 1815 el físico francés Auguste Fresnel formuló una versión matemática de dicha teoría y la usó para predecir fenómenos ópticos sorprendentes. Los experimentos ópticos confirmaron las predicciones de Fresnel, convenciendo a

muchos científicos del siglo XIX de que la teoría de las ondas de luz era cierta. Sin embargo, los físicos modernos nos dicen que la teoría no es verdadera: no existe tal cosa como el éter, de modo que la luz no consiste en vibraciones dentro del él. De nuevo, tenemos el ejemplo de una teoría falsa pero de gran éxito empírico.

Lo importante de este ejemplo es que va en contra incluso de la versión modificada del argumento de los "no milagros". La teoría de Fresnel *hizo* novedosas predicciones, de modo que calificaba como empíricamente exitosa aun en relación con la idea más estricta de éxito empírico. Y es difícil entender por qué la teoría de Fresnel puede llamarse "aproximadamente cierta", dado que se basaba en la noción del éter, que no existe. Al margen de lo que signifique que una teoría sea más o menos exitosa, con toda seguridad una condición necesaria es que las entidades de las que habla la teoría existan. En resumen, la teoría de Fresnel gozó de éxito empírico incluso apegándose a una estricta interpretación de esta noción, pero no era "aproximadamente cierta". La moraleja de esta historia, dicen los antirrealistas, es que no debemos suponer que las teorías científicas modernas se aproximan a un curso de acción correcto sólo porque gozan de un cierto éxito empírico.

De esta manera, la interrogante de si el argumento de los "no milagros" es válido para el realismo científico es una pregunta abierta. Por una parte, el argumento está expuesto a objeciones muy serias, como hemos visto. Por otra parte, se intuye que hay algo apremiante respecto a él. Es en realidad difícil aceptar que los átomos y los electrones pudiesen no existir, si se considera el sorprendente éxito de las teorías que postulan esas entidades.

Sin embargo, como muestra la historia de la ciencia, debemos tener mucha cautela al suponer que nuestras teorías científicas actuales son verdaderas sin importar cuán bien se ajusten a los datos. Muchas personas han asumido eso en el pasado, y se ha probado que estaban en un error.

La distinción observable/no observable

Central para el debate entre realismo y antirrealismno es la distinción entre lo que es observable y lo que no. Hasta ahora, hemos dado por hecha esa distinción: las mesas y las sillas son observables, los átomos y los electrones no lo son. Pero en realidad la distinción es muy problemática desde el punto de vista filosófico. De hecho, uno de los principales argumentos del realismo científico dice que no es posible deducir la distinción observable/no observable a partir de principios.

¿Por qué debe ser éste un argumento a favor del realismo científico? Porque es crucial para la coherencia del antirrealismo hacer una distinción clara entre lo observable y lo no observable. Recuérdese que los antirrealistas muestran una actitud diferente hacia los postulados científicos, dependiendo de si se refieren a partes observables o no observables de la realidad —debemos ser agnósticos acerca de la veracidad de lo último, pero no de lo primero. Así, el antirrealismo presupone que podemos dividir los postulados científicos en dos tipos: los que se refieren a entidades y procesos observables, y los que no. Si esta división no puede hacerse en una forma satisfactoria, entonces es obvio que el antirrealismo está en serios problemas y el realismo gana por omisión.

Es por esta razón que los científicos realistas a menudo destacan los problemas asociados con la distinción observable/no observable.

Uno de esos problemas concierne a la relación entre observación y detección. Resulta obvio que entidades como los electrones no son observables en el sentido ordinario, pero su presencia puede detectarse usando aparatos especiales llamados "detectores de partículas". El detector de las partículas más simples es la cámara de nubes, que consiste en un contenedor cerrado, lleno de aire saturado con vapor de agua (figura 9). Cuando las partículas cargadas, como los electrones, pasan por la cámara, chocan con los átomos neutrales en el aire, convirtiéndolos en iones; el vapor de agua se condensa alrededor de esos iones, formando gotas líquidas que se pueden ver a simple vista. Si observamos el rastro de esas gotas, podemos seguir la ruta de un electrón a través de la cámara de nubes. ¿Significa esto que los electrones pueden observarse después de todo? La mayoría de los filósofos diría que no: las cámaras de nubes permiten detectar electrones, no observarlos en forma directa. Casi en la misma forma, los aviones de alta velocidad pueden detectarse por la estela de vapor que dejan, pero ver esa estela no es ver la nave. Sin embargo, ¿siempre puede distinguirse con claridad entre observación y detección? Si no es así, entonces la posición antirrealista podría verse en problemas.

En una muy conocida defensa del realismo científico durante la década de 1960, el filósofo estadunidense Grover Maxwell planteó un interesante problema a los antirrealistas. Considérese la secuencia de acontecimientos que se describen en seguida: ver algo a simple vis

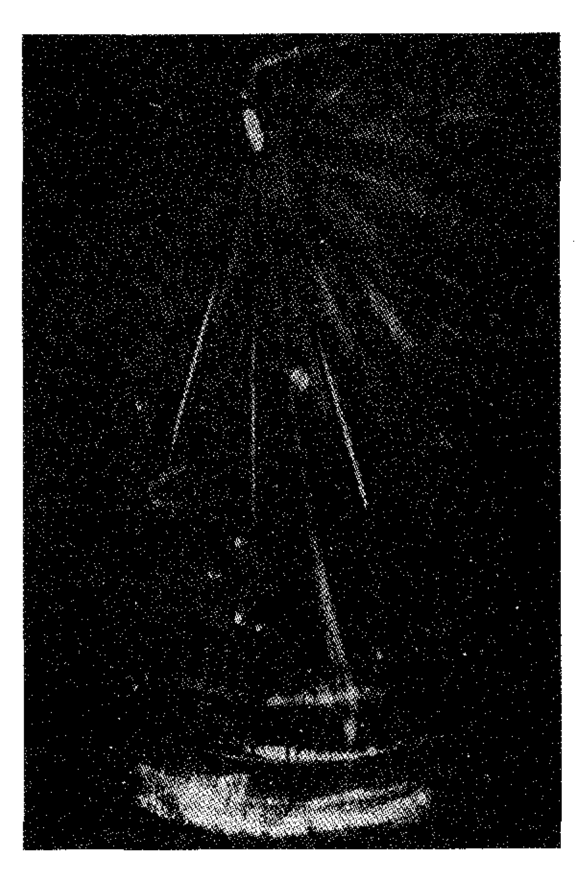


Figura 9. Una de las primeras fotografías que muestran los rastros de partículas subatómicas en una cámara de nubes. La foto fue tomada por el inventor de dicha cámara, el físico inglés C. T. R. Wilson, en el laboratorio Cavendish de Cambridge, en 1911. Los rastros se deben a partículas alfa emitidas por una pequeña cantidad de radio en la parte superior de la lengua de metal insertada en la cámara. Como la partícula eléctricamente cargada se mueve a través del vapor de agua de la cámara de nubes, ioniza el gas y el agua se condensa en los iones, produciendo así una cauda de gotas por donde ha pasado la partícula.

ta, ver algo a través de una ventana, ver algo con ayuda de unos anteojos potentes, ver algo con binoculares, ver algo con un microscopio de baja potencia, ver algo con uno de alta potencia, etcétera. Maxwell argumentaba que esos acontecimientos caían en un suave continuo, así que, ¿cómo decidir qué se considera observación y qué no? ¿Puede un biólogo observar microorganismos con un microscopio de alta potencia, o sólo puede detectar su presencia así como un físico puede detectar la presencia de electrones en una cámara de nubes? Si algo puede verse sólo con la ayuda de instrumentos científicos sofisticados, ¿se considera observable o no observable? ¿Cuán sofisticado debe ser el instrumento para tener un caso de detección y no de observación? No hay forma de responder estas preguntas, decía Maxwell, de modo que el intento antirrealista de clasificar entidades como observables y no observables se vino abajo.

El argumento de Maxwell se ve reforzado por el hecho de que en ocasiones los propios científicos hablan de "observar" partículas con la ayuda de aparatos sofisticados. En la literatura filosófica, los electrones suelen tomarse como el paradigma de las entidades no observables, y sin embargo los científicos se refieren sin ningún resquemor a "observar" electrones usando detectores de partículas. Por supuesto, ello no prueba que los filósofos estén equivocados y que los electrones sean observables después de todo, porque el discurso de los científicos tal vez se reconozca más como una *façon de parler* (manera de hablar). De manera similar, el hecho de que los científicos hablen de hacer pruebas experimentales de una teoría no significa que los experimentos en realidad demuestren que las teorías son ciertas, como vimos en el

capítulo 2. No obstante, si existe en verdad una distinción filosóficamente importante entre observable/no observable, como sostienen los antirrealistas, es extraño que no se corresponda del todo con la forma como los propios científicos hablan.

Los argumentos de Maxwell son convincentes, pero de ninguna manera resultan del todo decisivos. Bas van Fraassen, un destacado antirrealista contemporáneo, afirma que los argumentos de Maxwell sólo muestran que "observable" es un concepto vago. Un concepto vago es aquel que incluye casos límite, es decir, casos de los cuales no se puede decir con claridad si caen o no en lo observable. "Calvo" es un ejemplo obvio. Como la pérdida de cabello es un proceso gradual, hay muchos hombres de los cuales no se puede afirmar con absoluta certeza si son calvos o no. Sin embargo, Van Fraassen señala que esos conceptos vagos son perfectamente utilizables y pueden marcar distinciones genuinas en el mundo. (En realidad, la mayoría de los conceptos son vagos, por lo menos hasta cierto grado.) Nadie podría argumentar que la distinción entre hombres calvos e hirsutos es irreal o insignificante sólo porque "calvo" es vago. Por supuesto, sería bastante arbitrario trazar una línea divisoria clara entre hombres calvos e hirsutos. Sin embargo, como hay casos evidentes de hombres que son calvos y casos evidentes de hombres que no lo son, entonces la imposibilidad de trazar una línea divisoria clara no resulta importante. El concepto puede utilizarse sin problemas a pesar de su vaguedad.

Lo mismo se aplica a "observable", según Van Fraassen. Hay casos claros de entidades que pueden observarse, por ejemplo las sillas, y casos claros de entidades

con las que no se puede hacer lo mismo, por ejemplo los electrones. El argumento de Maxwell destaca el hecho de que hay casos límite, donde no se está seguro de si las entidades en cuestión pueden observarse o sólo detectarse. De esta manera, si intentamos trazar una línea divisoria entre las entidades observables y las no observables, seríamos arbitrarios. Sin embargo, al igual que con la calvicie, esto no demuestra que la distinción observable/no observable sea un tanto irreal o irrelevante, porque hay casos claros en ambos lados. Así, la vaguedad del término "observable" no es embarazosa para los antirrealistas, afirma Van Fraassen. Únicamente establece un límite mayor en la precisión con que se plantea dicha vaguedad.

¿Cuánta fuerza tiene este argumento? Van Fraassen está en lo correcto al plantear que la existencia de casos límite, y la consecuente imposibilidad de trazar una línea divisoria sin arbitrariedades, no demuestran que la distinción observable/no observable sea irreal. Hasta ese momento, su argumentación contra Maxwell funciona. Sin embargo, una cosa es mostrar que existe una distinción entre entidades observables y no observables, y otra evidenciar que esa distinción puede soportar el peso filosófico que los antirrealistas pretenden darle. Recuérdese que ellos defienden una actitud de completo agnosticismo respecto a las afirmaciones sobre la parte inobservable de la realidad: no hay forma de saber si son verdaderas o no, según ellos. Incluso si concedemos a Van Fraassen el punto de que hay casos claros de entidades no observables, y que eso es suficiente para los antirrealistas, éstos no terminan de convencer con su idea de que es imposible el conocer la realidad no observable.

El argumento de la subdeterminación

Uno de los argumentos del antirrealismo se centra en la relación entre los datos observacionales de los científicos y sus planteamientos teóricos. Los antirrealistas hacen énfasis en que el último dato del cual son responsables las teorías científicas siempre tiene un carácter observacional. (Muchos realistas estarían de acuerdo con esta afirmación.) Para ilustrar esto, considérese de nuevo la teoría cinética de los gases, que dice que toda muestra de gas consta de moléculas en movimiento. Como esas moléculas no son observables, es obvio que no podemos probar la teoría mediante la observación directa de varias muestras de gas. Por el contrario, necesitamos deducir de la teoría algún planteamiento que pueda probarse de manera directa, el cual siempre se referirá a entidades observables. Como vimos, la teoría cinética implica que una muestra de gas se expande al calentarse si la presión permanece constante. Este planteamiento puede probarse directamente, observando las lecturas en el aparato respectivo de un laboratorio (figura 10). Este ejemplo ilustra una verdad general: los datos observacionales constituyen la evidencia última de los planteamientos acerca de entidades no observables.

Entonces los antirrealistas argumentan que los datos observacionales "subdeterminan" las teorías en la cuales se basan los científicos. ¿Qué significa esto? Significa que los datos pueden, en principio, explicarse a través de muchas teorías diferentes, incompatibles entre sí. En el caso de la teoría cinética, los antirrealistas dirán que *una* posible explicación es que los gases contienen grandes cantidades de moléculas en movimiento, como dice la

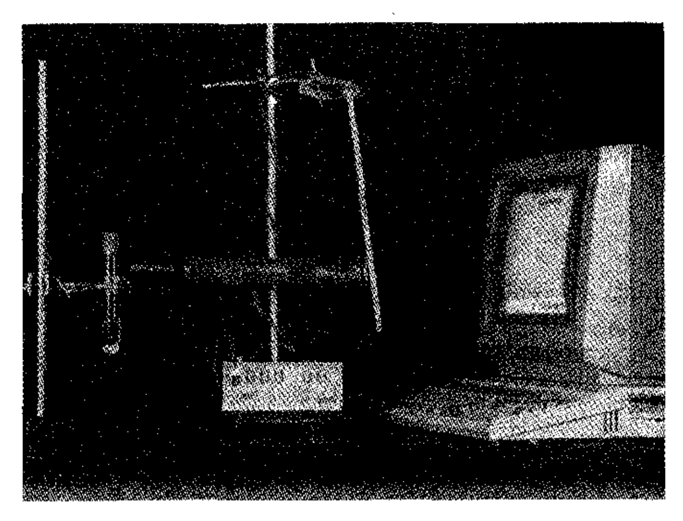


Figura 10. Dilatómetro para medir el cambio de volumen de un gas cuando su temperatura varía.

teoría cinética. Sin embargo, insistirán en que hay otras posibles explicaciones que se contraponen a la teoría cinética. Así, de acuerdo con los antirrealistas, las teorías científicas que plantean entidades no observables son subdeterminadas por los datos observacionales —siempre habrá un sinnúmero de teorías que se puedan ajustar a los datos.

Es fácil constatar por qué el argumento de la subdeterminación refuerza la visión antirrealista de la ciencia. Si las teorías siempre son subdeterminadas por los datos observacionales, ¿cómo podemos creer que una teoría específica es verdadera? Supóngase que un científico defiende una determinada teoría acerca de entidades no

observables, sobre la base de que ésta explica una amplia gama de datos observacionales. Un filósofo de la ciencia suscrito al antirrealismo sale a escena, argumentando que en realidad los datos pueden explicarse recurriendo a varias teorías alternativas. Si el antirrealista está en lo correcto, se deduce que la confianza de los científicos en su teoría es frágil. ¿Por qué razón un científico tiene que elegir la teoría elaborada por él en vez de una de las alternativas? En una situación así, ¿debe el científico admitir que no tiene idea de cuál es la teoría correcta? La subdeterminación lleva de manera natural a la conclusión antirrealista de que el agnosticismo es la actitud correcta para abordar los planteamientos acerca de la región inobservable de la realidad.

Sin embargo, ¿es cierto que un conjunto dado de datos observacionales puede explicarse a través de diversas teorías, como sostienen los antirrealistas? Los realistas suelen responder al argumento de la subdeterminación insistiendo en que este planteamiento es verdadero sólo en un sentido trivial y carente de interés. En principio, siempre habrá más de una explicación posible para un conjunto dado de observaciones. Sin embargo, dicen los realistas, no se deduce que todas esas posibles explicaciones sean tan buenas como cualquier otra. Sólo porque dos teorías puedan ajustarse a los datos observacionales, no significa que no haya nada que elegir entre ellas. Por ejemplo, una de las teorías podría ser más simple que la otra, o podría explicar los datos en una forma más factible de acuerdo con la intuición, o podrían postularse causas menos ocultas, y así sucesivamente. Cuando conocemos que hay otros criterios para elegir una teoría, además de la compatibilidad con los datos observa-

cionales, el problema de la subdeterminación desaparece. No todas las posibles explicaciones de nuestros datos observacionales son tan buenas. Incluso si los datos explicados por la teoría cinética pudieran, en principio, ser explicados por teorías alternativas, no se infiere que las mismas puedan dar una explicación tal viable como lo hace la teoría cinética.

Esta respuesta a la subdeterminación se apoya en el hecho de que no hay muchos casos reales de subdeterminación en la historia de la ciencia. Si los datos observacionales siempre pueden ser explicados con la misma atingencia por muchas teorías diferentes, como postulan los antirrealistas, ¿tendríamos que pensar en científicos que disienten entre sí de manera permanente? Sin embargo, eso no ocurre en la realidad. De hecho, cuando inspeccionamos el registro histórico, la situación es casi el reverso de lo que el argumento de la subdeterminación nos haría esperar. Lejos de que los científicos se enfrenten a múltiples explicaciones alternativas de sus datos observacionales, a menudo tienen dificultades para encontrar incluso *una* teoría que se ajuste a los datos. Esto apoya el argumento realista de que la subdeterminación es sólo una preocupación filosófica que guarda poca relación con la práctica científica real.

Es de imaginar que los antirrealistas no se impresionarán con esta respuesta. Después de todo, las preocupaciones filosóficas siguen siendo genuinas, incluso si sus implicaciones prácticas son irrelevantes. Puede ser que la filosofía no cambie el mundo, pero eso no significa que no sea importante. Y la sugerencia de que algunos criterios, como la sencillez, pueden aplicarse a teorías en competencia, de inmediato nos lleva a la desagradable

pregunta de por qué se piensa que las teorías más sencillas suelen ser las más cercanas a la verdad —este punto lo tocamos en el capítulo 2. Los antirrealistas dan por hecho que el problema de la subdeterminación puede eliminarse en la práctica usando criterios como la sencillez para discriminar entre explicaciones de los datos observacionales. Sin embargo, tambien niegan que esos criterios sean indicadores confiables de la verdad. Las teorías más simples pueden resultar más convenientes para trabajar, pero no son de suyo más probables que las complejas. De este modo, el argumento de la subdeterminación subsiste: siempre hay múltiples explicaciones de nuestros datos pero no sabemos cuál es la correcta, así que no es posible conocer la realidad no observable.

Sin embargo, la historia no termina aquí; los realistas vuelven a la carga, acusando a los antirrealistas de aplicar en forma selectiva el argumento de la subdeterminación. Si el argumento se aplica de manera consistente, excluye no sólo el conocimiento del mundo no observable, sino también el de buena parte del mundo observable, afirman los realistas. Para comprender por qué dicen esto, nótese que muchas cosas que son observables nunca se observan en realidad. Por ejemplo, la gran mayoría de organismos vivientes del planeta nunca son observados por los seres humanos, pero son claramente observables. O piénsese en un evento como el de un enorme meteorito que golpea la Tierra. Nadie ha presenciado jamás un suceso de ese tipo, pero éste es observable. Lo que ocurre es que ningún ser humano ha estado jamás en el lugar adecuado en el momento justo. Sólo una pequeña fracción de todo lo que es observable en realidad se observa.

El punto clave es éste: los antirrealistas afirman que la parte no observable de la realidad rebasa los límites del conocimiento científico. De este modo, es posible tener conocimiento de objetos y eventos que son observables pero no observa*dos*. Sin embargo, las teorías acerca de objetos y eventos no observa*dos* están tan subdeterminadas por nuestros datos como las teorías sobre los no observa*bles*. Por ejemplo, supóngase que un científico plantea la hipótesis de que un meteorito golpeó la luna en 1987 y cita varios datos observacionales para apoyar esta hipótesis, por ejemplo que las imágenes de satélite de la luna muestran un enorme cráter que no se encontraba ahí antes de 1987. Sin embargo, este dato puede ser explicado en principio por muchas hipótesis alternativas: quizá una erupción volcánica o un sismo causó el cráter. O tal vez la cámara que tomó las imágenes estaba defectuosa y el cráter no existe en absoluto. De esta manera, la hipótesis del científico es subdeterminada por el dato, aun cuando dicha hipótesis trate sobre un evento perfectamente observable: un meteorito que golpea la luna. Si aplicamos de manera consistente el argumento de la subdeterminación, dicen los realistas, nos vemos forzados a concluir que sólo podemos conocer cosas que en realidad se han observado.

Esta conclusión es poco probable, y ningún filósofo de la ciencia la aceptaría. Buena parte de lo que los científicos nos dicen tiene que ver con cosas que no se han observado; piénsese por ejemplo en la edad del hielo, los dinosaurios y el movimiento de los continentes. Decir que el conocimiento de lo no observado es imposible, es como decir que casi todo lo que se considera conocimiento científico en realidad no es nada. Por su

puesto, los científicos realistas no aceptan esta conclusión. Más bien, la toman como evidencia de que el argumento de la subdeterminación debe de ser erróneo. Como está claro que la ciencia nos brinda conocimientos de lo no observado, a pesar de que las teorías acerca de lo no observado están subdeterminadas por nuestros datos, se deduce que la subdeterminación no es una barrera para el conocimiento. De esta manera, el hecho de que nuestras teorías sobre lo no observable también estén subdeterminadas por nuestros datos no significa que la ciencia no pueda proporcionarnos conocimientos sobre la región no observable del mundo.

En efecto, los realistas que hacen planteamientos de esta naturaleza están diciendo que el problema surgido por el argumento de la subdeterminación es simplemente una versión sofisticada del problema de la inducción. Decir que una teoría está subdeterminada por los datos es aceptar que hay teorías alternativas que pueden explicar esos mismos datos. Sin embargo, esto es como afirmar que los datos no se vinculan con la teoría: la inferencia de los datos a la teoría no es deductiva. No hay diferencia alguna en el hecho de si la teoría se refiere a entidades no observables o bien a entidades observables pero no observadas; la lógica de la situación es la misma en ambos casos. Por supuesto, mostrar que el argumento de la subdeterminación es sólo una versión del problema de la inducción no significa que pueda ignorarse. En este sentido, hay poco consenso en cómo enfrentar el problema de la inducción, como vimos en el capítulo 2. Sin embargo, esto significa que no hay una dificultad *especial* en relación con las entidades no observables. Por lo tanto, la posición antirrealista finalmente es arbitraria,

dicen los realistas. Los problemas para comprender cómo puede la ciencia darnos el conocimiento de átomos y electrones son los mismos problemas para comprender cómo puede la ciencia brindarnos el conocimiento de objetos ordinarios, de tamaño medio.

5. CAMBIO CIENTÍFICO Y REVOLUCIONES CIENTÍFICAS

Las ideas científicas cambian con rapidez. Tómese cualquier disciplina científica, y se podrá estar seguro de que las teorías prevalecientes en esa disciplina son muy distintas de las planteadas hace cincuenta años, y en extremo diferentes de las de hace cien. Comparada con otras áreas de la actividad intelectual, como la filosofía y las artes, la ciencia es una actividad en permanente cambio. Un buen número de preguntas filosóficas interesantes se centra en el tema del cambio científico. ¿Hay un patrón discernible en la forma como las ideas científicas cambian con el tiempo? ¿Cómo se explica que los científicos abandonen una teoría existente en favor de otra nueva? ¿Las teorías científicas *más* recientes son objetivamente mejores que las anteriores? ¿O tiene el concepto de objetividad algún sentido?

La discusión más moderna de esas preguntas parte del trabajo de Thomas Kuhn, un historiador y filósofo estadunidense de la ciencia. En 1963, Kuhn publicó un libro llamado *The Structure of Scientific Revolutions* (*La estructura de las revoluciones científicas*), sin duda la obra más influyente de filosofía de la ciencia en los últimos cincuenta años. El impacto de las ideas de Kuhn también se ha dejado sentir en otras discipli

nas académicas, como la sociología y la antropología, y en la cultura en general. (El diario *The Guardian* incluyó *The Structure of Scientific Revolutions* en su lista de los cien libros más influyentes del siglo XX.) A fin de comprender por qué las ideas de Kuhn causaron tal revuelo, necesitamos dar un breve vistazo al estado de la filosofía de la ciencia antes de la publicación de este libro.

Filosofía de la ciencia positivista lógica

El movimiento filosófico dominante en el mundo de habla inglesa de la posguerra fue el *positivismo lógico*. Los positivistas lógicos originales constituyeron un grupo libre de filósofos y científicos que celebraron reuniones en Viena durante la década de 1920 y principios de los treinta, bajo el liderazgo de Moritz Schlick. (Carl Hempel, de quien hablamos en el capítulo 3, estaba muy relacionado con los positivistas, al igual que Karl Popper.) Para escapar a la persecución de los nazis, la mayoría de los positivistas emigró a Estados Unidos, donde tanto ellos como sus seguidores ejercieron una poderosa influencia en la filosofía académica hasta mediados de la década de los sesenta, cuando el movimiento comenzó a desintegrarse.

Los positivistas lógicos tenían un gran aprecio por las ciencias naturales y también por las matemáticas y la lógica. Los primeros años del siglo XX atestiguaron espectaculares avances científicos, sobre todo en física, que causaron una profunda impresión en los positivistas. Uno de los propósitos de este movimiento era hacer una filosofía más "científica", con la esperanza de lograr esos

mismos avances en el campo filosófico. Lo que más impresionaba a los positivistas de la ciencia era su aparente objetividad. A diferencia de otras áreas de conocimiento, donde se dependía demasiado de la opinión subjetiva de los investigadores, las preguntas científicas podían hacerse con una absoluta objetividad, creían ellos. Técnicas como la comprobación experimental permitían a los científicos comparar su teoría directamente con los hechos, tomando así una decisión informada, sin sesgos, acerca de los méritos de la teoría. Así, para los positivistas, la ciencia era el paradigma de una actividad racional, la ruta más segura hacia la verdad.

A pesar de la gran estima en que tenían a la ciencia, los positivistas prestaban poca atención a su historia. En realidad, creían que los filósofos tenían poco que aprender del estudio de la misma. Esto se debía en primer término a que trazaban una tajante distinción entre lo que llamaban "el contexto del descubrimiento" y el "contexto de la justificación". El contexto del descubrimiento se refiere al proceso histórico real por el cual un científico llega a una determinada teoría. El contexto de la justificación alude a los medios por los cuales el científico trata de justificar su teoría una vez que ya está ahí, lo cual incluye probarla y buscar evidencia relevante, entre otras cosas. Los positivistas pensaban que el primero era un proceso subjetivo, psicológico, que no estaba gobernado por reglas precisas, mientras que el segundo era un asunto lógico, objetivo. Los filósofos de la ciencia deben limitarse a estudiar el segundo, argumentaban.

Esta idea puede aclararse con un ejemplo. En 1865 el científico belga Kekule descubrió que la molécula de

benceno tiene una estructura hexagonal. Al parecer, llegó a la hipótesis de esta estructura después de un sueño en el cual vio a una serpiente tratando de morderse la cola (figura 11). Por supuesto, después Kekule tuvo que *probar científicamente su hipótesis. Quizá se trate de un* ejemplo extremo, pero muestra que las hipótesis científicas pueden concebirse en la forma más improbable; no siempre son producto de un pensamiento cuidadoso y sistemático. Los positivistas argumentaban que, en principio, no había diferencia en cómo se llegaba a una hi-

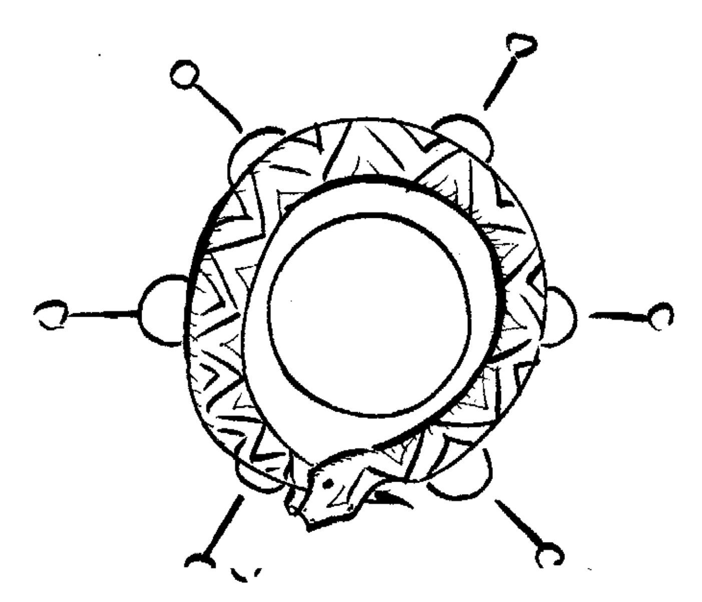


Figura 11. Kekule llegó a la hipótesis de la estructura hexagonal del benceno después de un sueño en el que vio una serpiente mordiéndose la cola.

pótesis. Lo que importa es cómo se prueba una vez que ya se tiene, porque esto es lo que hace de la ciencia una actividad racional. La forma como llegó Kekule a desarrollar su hipótesis era irrelevante; lo que importaba era cómo la justificó.

Esta clara distinción entre descubrimiento y justificación, y la creencia de que el primero es "subjetivo" y "psicológico" mientras que la segunda es todo lo contrario, explica por qué el enfoque positivista de la filosofía de la ciencia era ahistórico. El proceso histórico real mediante el cual las ideas científicas cambian y se desarrollan cae por completo en el contexto del descubrimiento, no en el de la justificación. De acuerdo con los positivistas, ese proceso podría ser de interés para historiadores y psicólogos, pero no tiene nada que enseñar a los filósofos de la ciencia.

Otro importante tema de la filosofía de la ciencia era la distinción entre las teorías y los hechos producto de la observación; esto se relaciona con la distinción observable/no observable examinada en el capítulo anterior. Los positivistas consideraban que las disputas entre teorías científicas rivales podía resolverse en una forma por completo objetiva: comparando las teorías directamente con los hechos "neutrales", generados por la observación y aceptados por todas las partes. Los positivistas discutían entre ellos acerca del grado de exactitud con que este conjunto de hechos neutrales debe caracterizarse, pues se obstinaban en pensar que sí existía. Sin una distinción clara entre teorías y hechos observacionales se comprometerían la racionalidad y la objetividad de la ciencia, y los positivistas se obstinaban en creer que la ciencia era racional y objetiva.

Estructura de las revoluciones científicas

Kuhn fue un historiador de la ciencia entrenado, y estaba convencido de que los filósofos tienen mucho que aprender de la historia de la ciencia. Él juzgaba que la precaria atención a este campo había llevado a los positivistas a formarse una imagen inexacta e ingenua de la actividad científica. Como lo indica el título de su libro, Kuhn estaba muy interesado en las revoluciones científicas, esos periodos de gran agitación en que todas las ideas científicas existentes se remplazaban con otras por completo novedosas. Ejemplos de revoluciones científicas son la revolución de Copérnico en astronomía, la revolución de Einstein en física y la revolución de Darwin en biología. Cada una de ellas provocó un cambio fundamental en la visión científica del mundo y el derrumbe de un conjunto de ideas a favor de otro totalmente nuevo.

Por supuesto, las revoluciones científicas son poco frecuentes; por lo general, las ciencias no se encuentran en un estado de revolución. Kuhn acuñó el término "ciencia normal" para describir las actividades ordinarias que los científicos realizan cuando su disciplina no experimenta un cambio revolucionario. Una noción fundamental para la descripción de Kuhn de ciencia normal es el concepto de *paradigma*. Éste posee dos componentes principales: en primer término, un conjunto de supuestos teóricos fundamentales que todos los miembros de una comunidad científica aceptan en un momento dado; en segundo término, un conjunto de "ejemplares" de problemas científicos particulares que se han resuelto por medio de esos supuestos teóricos y que aparecen en los libros de texto de la disciplina en cuestión. Sin embargo, un paradig-

ma es más que una teoría (aunque Kuhn a veces usa el término de manera intercambiable). Cuando los científicos comparten un paradigma no sólo están de acuerdo en ciertas proposiciones científicas; también lo están en cómo debe proceder la futura investigación científica en su campo, en qué problemas es pertinente abordar determinado tema, en cuáles son los métodos apropiados para resolver esos problemas, en cómo sería una solución aceptable de los problemas, y así sucesivamente. En pocas palabras, un paradigma es una mirada científica completa: una constelación de supuestos, creencias y valores compartidos que unen a la comunidad científica y permiten que se desarrolle la ciencia normal.

¿Qué implica exactamente la ciencia normal? De acuerdo con Kuhn, antes que nada es una cuestión de *resolver el enigma.* Al margen del éxito que pueda acumular un paradigma, siempre enfrentará algunos problemas: fenómenos que no se pueden acomodar con facilidad, desajustes entre las predicciones de la teoría y los hechos experimentales, y otros. La labor del científico normal es tratar de eliminar esos enigmas menores y hacer la menor cantidad posible de cambios al paradigma. De esta manera, la ciencia normal es una actividad muy conservadora: sus practicantes no pretenden hacer descubrimientos espectaculares, sino más bien desarrollar y extender el paradigma existente. En palabras de Kuhn, "la ciencia normal no busca las novedades en la ciencia o en los hechos, y cuando tiene éxito no encuentra ninguna". Después de todo, Kuhn hacía énfasis en que los científicos normales no intentan *probar* el paradigma; por el contrario, lo aceptan de manera incuestionable y conducen su investigación dentro de los límites marcados por él.

Si un científico normal obtiene un resultado experimental que choca con el paradigma, por lo general supondrá que su técnica experimental es deficiente, no que el paradigma está equivocado. El paradigma no es negociable.

Un periodo de ciencia normal suele durar varias décadas, e incluso centurias. Durante este tiempo los científicos articulan en forma gradual el paradigma: lo afinan, llenan los detalles, resuelven cada vez más enigmas, extienden su rango de aplicación, etcétera. Sin embargo, con el tiempo se descubren *anomalías*, fenómenos que simplemente no pueden armonizar con los supuestos teóricos del paradigma, a pesar de los intentos de los científicos normales. Cuando las anomalías son pocas, suelen ignorarse. Pero si su número aumenta, una inquietante sensación de crisis envuelve a la comunidad científica. La confianza existente en el paradigma se rompe, y el proceso de ciencia normal se interrumpe por un tiempo. Esto marca el comienzo de un periodo de "ciencia revolucionaria", como la llama Kuhn. Durante estos periodos, las ideas científicas fundamentales *están* disponibles. Se propone una variedad de alternativas al viejo paradigma, y al final se establece uno nuevo. Por lo general se requiere una generación a algo así antes de que todos los miembros de la comunidad científica se familiaricen con el nuevo paradigma —acontecimiento que marca la culminación de una revolución científica. Así, pues, la esencia de una revolución científica es el cambio de un antiguo paradigma por otro nuevo.

La caracterización de la historia de la ciencia, por parte de Kuhn, como largos periodos de ciencia normal puntuados por revoluciones científicas ocasionales tocó una fibra sensible de muchos filósofos e historiadores.

Hay una buena cantidad de ejemplos en la historia de la ciencia que se ajustan muy bien al modelo de Kuhn. Por ejemplo, cuando examinamos la transición de la astronomía ptolemaica a la copernicana o de la física newtoniana a la de Einstein, están presentes muchas de las características descritas por Kuhn. Es cierto que los astrónomos ptolemaicos no compartieron un paradigma; se basaban en la teoría de que la Tierra se encontraba inmóvil en el centro del universo, lo cual constituía el respaldo incuestionable a sus investigaciones. Lo mismo es verdad para los físicos newtonianos de los siglos XVIII y XIX, cuyo paradigma se fundamentaba en la teoría newtoniana de la mecánica y la gravitación. Y en ambos casos, la descripción de Kuhn de cómo un viejo paradigma es remplazado por uno nuevo se aplica con gran precisión. Sin embargo, también hay revoluciones científicas que no se ajustan con tanta claridad al modelo de Kuhn, por ejemplo la reciente revolución molecular en biología. No obstante, la mayoría de la gente reconoce el gran valor de la descripción de la historia de la ciencia realizada por Kuhn.

¿Por qué las ideas de Kuhn causaron tanto revuelo? Porque además de sus planteamientos puramente descriptivos acerca de la historia de la ciencia, Kuhn propuso algunas de las tesis filosóficas más controvertidas. De ordinario suponemos que cuando los científicos cambian su vieja teoría por otra nueva, lo hacen sobre la base de una evidencia objetiva. Sin embargo, Kuhn afirmaba que adoptar un nuevo paradigma implicaba cierto acto de fe por de parte del científico. Él admitía que un científico podía tener buenas razones para abandonar un antiguo paradigma, pero insistía en que las razones por sí mismas

jamás podrían *imponer* de manera racional un cambio de paradigma. "La transferencia de lealtad de un paradigma a otro", escribió Kuhn, "es una experiencia de conversión que no puede forzarse". Y al explicar por qué un nuevo paradigma obtiene con rapidez la aceptación de la comunidad científica, Kuhn destacaba la presión ejercida entre científicos. Si un paradigma determinado tiene defensores muy poderosos, es más probable que obtenga la aceptación general.

Muchos de los críticos de Kuhn se vieron abrumados por esos planteamientos. Si el paradigma altera el trabajo de la manera expuesta por Kuhn, es difícil reconocer a la ciencia como una actividad racional. ¿No se supone que los científicos basan sus ideas en la evidencia y la razón más que en la fe y en la presión de los colegas? Enfrentados a dos paradigmas rivales, ¿deben los científicos hacer una comparación objetiva de tales paradigmas para determinar cuál tiene más evidencia en su favor? Vivir una "experiencia de conversión" o ser persuadido por el más destacado de los graduados, no parece ser una forma racional de comportarse. La descripción de Kuhn del cambio de paradigma parece difícil de conciliar con la familiar imagen positivista de la ciencia como una actividad objetiva y racional. Un crítico escribió, respecto a la descripción de Kuhn, que la elección de teorías en ciencia era "un asunto de psicología barata".

Kuhn también hizo algunas afirmaciones controversiales acerca de la dirección general del cambio científico. De acuerdo con un punto de vista muy aceptado, la ciencia avanza hacia la verdad en forma lineal; las viejas ideas incorrectas se remplazan con otras nuevas que son correctas, de manera que, visto con toda objetividad,

las teorías posteriores son mejores que las anteriores. Esta concepción "acumulativa" de la ciencia goza de popularidad tanto entre legos como entre científicos, pero Kuhn argumentaba que es históricamente inexacta y filosóficamente ingenua. Por ejemplo, observaba que la teoría de la relatividad de Einstein, en algunos aspectos, es más parecida a la teoría aristotélica que a la newtoniana, así que la historia de la mecánica no es una mera progresión lineal de lo erróneo a lo correcto. Más aún, Kuhn se preguntaba si el concepto de verdad objetiva en realidad tiene algún sentido. Él pensaba que la idea de que hay un conjunto fijo de hechos acerca del mundo, al margen de cualquier paradigma en particular, no era muy coherente. Kuhn propuso una alternativa radical: los hechos acerca del mundo son relativos a los paradigmas, y por lo tanto se alteran cuando cambian estos últimos. Si este planteamiento es correcto, entonces no tiene sentido preguntarse si una teoría corresponde a los hechos "como son en realidad", y tampoco si es una verdad objetiva. La verdad misma se vuelve relativa a un paradigma.

La inconmensurabilidad y la teoría de la inclinación de los datos hacia la teoría

Kuhn manejaba dos argumentos filosóficos principales contra esas afirmaciones. Primero, aseveraba que los paradigmas en competencia suelen ser "inconmensurables" entre sí. Para entender esta idea, debemos recordar que para Kuhn el paradigma de un científico determina su propia visión global del mundo: todo lo ve a través de la lente del paradigma. Así, cuando un paradigma es sustituido por otro en una revolución científica, los hombres

de ciencia tienen que abandonar todo el marco conceptual que utilizan para dar sentido al mundo. De hecho, Kuhn llegó a afirmar —por supuesto, de manera metafórica— que antes y después de un cambio de paradigma los científicos "viven en mundos distintos". La inconmensurabilidad es la idea de que dos paradigmas pueden ser tan diferentes que hagan imposible su comparación con otros; no hay un lenguaje común al cual traducirlos. Como resultado de ello, los defensores de distintos paradigmas "no hacen un contacto total con los puntos de vista de los demás", decía Kuhn.

Ésta es una idea interesante, si bien un tanto vaga. En buena medida, la doctrina de la inconmensurabilidad está enraizada en la idea de Kuhn de que los conceptos científicos derivan su significado de la teoría de la que forman parte. De esta manera, para entender el concepto de masa de Newton, por ejemplo, necesitamos comprender la totalidad de la teoría newtoniana ya que los conceptos no pueden explicarse en forma independiente de las teorías en las que están inmersos. Este planteamiento, que en ocasiones recibe el nombre de "holismo", fue tomado muy en serio por Kuhn, quien argumentaba que el término "masa" significaba algo diferente para Newton y para Einstein, ya que las teorías en que cada quien incluía el concepto eran muy distintas. Esto quiere decir que, en efecto, Newton y Einstein hablaban idiomas diferentes, lo cual obviamente complica el intento de elegir entre esas teorías. Si un físico newtoniano y otro partidario de Einstein intentaran sostener una discusión racional, terminarían entablando un diálogo de sordos.

Kuhn utilizó la tesis de la inconmensurabilidad tanto para refutar la visión de que los cambios de paradig-

ma son por completo "objetivos", como para impulsar su concepción no acumulativa de la historia de la ciencia. La filosofía tradicional de la ciencia no veía gran dificultad en elegir entre teorías rivales; basta con hacer una comparación objetiva entre ellas a la luz de la evidencia disponible, y decidir cuál es mejor. Sin embargo, esto implica un lenguaje común en el que ambas teorías puedan expresarse. Si Kuhn está en lo correcto al decir que los defensores de viejos y nuevos paradigmas hablan sin entenderse, la descripción tan simplista de la elección de un paradigma no puede ser correcta. La inconmensurabilidad también es problemática para la imagen "lineal" de la historia de la ciencia. Si los paradigmas viejos y nuevos son inconmensurables, entonces no puede ser correcto pensar en las revoluciones científicas como el remplazo de las ideas "erróneas" por las "correctas". Decir que una idea es correcta y que otra es errónea implica la existencia de un marco común para evaluarlas, que es precisamente lo que Kuhn niega. La inconmensurabilidad significa que el cambio científico, lejos de ser una progresión directa hacia la verdad, en cierto sentido no tiene dirección. Los paradigmas posteriores no son mejores que los antiguos, sólo diferentes.

No fueron muchos los filósofos que se convencieron de la tesis de la inconmensurabilidad de Kuhn. Parte del problema fue que él también afirmaba que los viejos y nuevos paradigmas eran *incompatibles*. Este planteamiento es aceptable, porque si los paradigmas viejos y nuevos no fueran incompatibles no habría necesidad de elegir entre ellos. Y en muchos casos la incompatibilidad es evidente: la afirmación ptolemaica de que los planetas giran alrededor de la Tierra es a todas luces incompatible

con la idea copernicana de que lo hacen alrededor del sol. Sin embargo, como los críticos de Kuhn señalaron con toda prontitud, si dos cosas son inconmensurables entonces no pueden ser incompatibles. Para ver por qué no, considérese la proposición de que la masa de un objeto depende de su velocidad. La teoría de Einstein dice que esta proposición es verdadera, mientras que la de Newton juzga que es falsa. Pero si la doctrina de la inconmensurabilidad es correcta, entonces en este caso no hay un desacuerdo real entre Newton y Einstein porque la proposición significa algo distinto para ambos. Sólo si la proposición tiene el *mismo* significado en ambas teorías, es decir, sólo si no hay inconmensurabilidad, es que puede haber un conflicto entre las dos. Como todos (incluido Kuhn) piensan que las teorías de Newton y de Einstein chocan, ésta es una poderosa razón para sospechar mal de la tesis de la inconmensurabilidad.

En respuesta a las objeciones de este tipo, Kuhn moderó un poco dicha tesis. Insistió en que aun cuando dos paradigmas fueran inconmensurables, esto no impediría compararlos con otros; sólo dificultaría la comparación. Puede lograrse una traducción *parcial* entre diferentes paradigmas, decía Kuhn, de modo que los defensores de los viejos y nuevos paradigmas podrían comunicarse hasta cierto punto; no siempre se enfrascarían en un diálogo de sordos. Sin embargo, Kuhn insistía en sostener que esa elección completamente objetiva entre paradigmas era imposible. Además de derivar la inconmensurabilidad de la falta de un lenguaje común, también existe lo que él llamaba "inconmensurabilidad de estándares". Ésta es la idea de que los defensores de diferentes paradigmas pueden diferir sobre los estándares para eva-

luar paradigmas, sobre qué problemas puede resolver un buen paradigma, sobre cómo sería una solución aceptable a esos problemas, etcétera. De esta manera, incluso si se comunicaran con eficacia, no serían capaces de alcanzar un acuerdo sobre qué paradigma es superior. En palabras de Kuhn, "se mostrará que cada paradigma satisface el criterio que dicta para sí mismo y se queda corto con los dictados por su oponente".

El segundo argumento filosófico de Kuhn se basaba en la idea conocida como la "inclinación de los datos hacia la teoría". Para captar este concepto, piénsese en un científico que trata de elegir entre dos teorías en conflicto. Lo obvio es buscar datos que sean decisivos entre las dos —justo lo que la filosofía tradicional de la ciencia recomendaba hacer. Sin embargo, esto sólo sería posible si existieran datos con la suficiente independencia de las teorías, de modo que un científico los aceptara sin importar en qué teoría creyera. Como hemos visto, los positivistas lógicos creían en la existencia de datos neutrales, respecto a las teorías, que se constituirían en una objetiva corte de apelaciones entre teorías rivales. Sin embargo, Kuhn aducía que el ideal de la neutralidad de una teoría es ilusorio; resulta inevitable que los datos se contaminen con supuestos teóricos. Es imposible aislar un conjunto de datos "puros" que todos los científicos acepten al margen de sus convicciones teóricas.

La inclinación de los datos hacia la teoría tuvo dos importantes consecuencias para Kuhn. Primero, significó que el problema entre paradigmas rivales no se resolvería con sólo recurrir a "los datos" o a "los hechos", porque lo que un científico considera como datos, o hechos, dependerá del paradigma aceptado por él. Por lo tanto, en

imposible pensar en una elección por completo objetiva entre dos paradigmas: no hay un punto neutral a partir del cual se valoren los planteamientos de cada uno. Segundo, la sola idea de la verdad objetiva es cuestionable. Para ser objetivamente ciertas, nuestras teorías o creencias deben corresponder con los hechos, pero la idea de una vinculación semejante tiene poco sentido si los propios hechos están contaminados por nuestras teorías. Por esta razón es que Kuhn adoptó el punto de vista radical de que la verdad es relativa a un paradigma.

¿Por qué pensaba Kuhn que todos los datos se inclinan hacia las teorías? Sus escritos no son muy claros en este punto, pero por lo menos se distinguen dos líneas de argumentación. La primera es la idea de que la percepción está muy condicionada por creencias subyacentes; lo que vemos depende, en parte, de lo que creemos. Así, un científico entrenado que observe a través de un sofisticado aparato en el laboratorio verá algo diferente de lo que apreciaría un lego. Hay muchos experimentos psicológicos que muestran que la percepción es sensible a las creencias subyacentes, aunque la interpretación correcta de esos experimentos sea un tema discutible. La segunda línea de argumentación sostiene que los reportes de experimentos y observaciones de los científicos a menudo se plantean en un lenguaje demasiado teórico. Por ejemplo, un científico podría reportar el resultado de un experimento diciendo: "Una corriente eléctrica fluye a través de un alambre de cobre". Resulta obvio que este reporte de datos está sostenido por una teoría, y no sería aceptado por un científico que no tuviera ideas estándar sobre las corrientes eléctricas, de modo que esa afirmación no es neutral respecto a la teoría.

Los filósofos difieren en cuanto a los méritos de estas argumentaciones. Por una parte, muchos coinciden con Kuhn en que esa neutralidad respecto a la teoría es un ideal inalcanzable. La idea positivista de presentar datos libres por completo de compromisos teóricos es rechazada por la mayoría de los filósofos contemporáneos, en especial porque nadie ha podido decir cómo serían esos planteamientos. Sin embargo, no queda claro si esto compromete la objetividad de todos los cambios de paradigma. Supóngase, por ejemplo, que un astrónomo ptolemaico y otro copernicano sostienen un debate acerca de cuál de las dos teorías es mejor. Para que el debate tenga significado, se requieren algunos datos astronómicos en los que ambos estén de acuerdo. Sin embargo, ¿por qué se convierte esto en un problema? ¿No podrían los astrónomos coincidir en la posición relativa de la Tierra y la luna en noches sucesivas, por ejemplo, o en el momento en que sale el sol? Es evidente que si el copernicano insiste en describir los datos en una forma que presuma la verdad de la teoría heliocéntrica, el ptolemaico pondrá objeciones. Pero no hay razón para que los copernicanos hagan eso. Una afirmación como "El 14 de mayo el sol saldrá a las 7:10 a.m." puede ser aceptada por un científico sin importar si cree en la teoría geocéntrica o en la heliocéntrica. Tales afirmaciones no pueden ser *por completo* neutrales a la teoría, pero están suficientemente libres de contaminación teórica para ser aceptadas por los defensores de ambos paradigmas, que es lo que importa.

Es aún menos obvio que la inclinación de los datos hacia la teoría nos fuerza a abandonar el concepto de verdad objetiva. Muchos filósofos aceptarían que esto hace

difícil vislumbrar la posibilidad de *conocer* la verdad objetiva, aunque eso no quiere decir que el concepto sea incoherente. Parte del problema es que, como mucha gente que desconfía del concepto de la verdad objetiva, Kuhn no articuló una alternativa viable. La visión radical de que la verdad es relativa a un paradigma no tiene mucho sentido. Al igual que todas las doctrinas relativistas, enfrenta un problema crucial. Considérese la siguiente pregunta: ¿la afirmación de que la verdad *en sí misma* es relativa al paradigma, es objetivamente verdadera o no? si el defensor del relativismo responde "sí", entonces admite que el concepto de verdad objetiva tiene sentido y por tanto se contradice. Si responde "no", entonces no tiene bases para discutir con alguien que difiera y diga que, en su opinión, la verdad *no* es relativa a un paradigma. No todos los filósofos consideran este argumento como fatal para el relativismo, pero sugieren que abandonar el concepto de verdad objetiva es más fácil de decir que de hacer. Es cierto que Kuhn suscitó algunas objeciones a la visión tradicional de que la historia de la ciencia es una simple progresión lineal hacia la verdad, pero la alternativa relativista que ofrece en su lugar presenta muchos problemas.

Kuhn y la racionalidad de la ciencia

The Structure of Scientific Revolutions está escrito en un tono muy radical. Kuhn da la impresión de querer remplazar las ideas filosóficas estándar acerca del cambio de teoría en la ciencia con una concepción por completo novedosa. Su doctrina de los cambios de paradigma, de la inconmensurabilidad y de la inclinación de los datos

hacia la teoría parece contraponerse a la visión positivista de la ciencia como una empresa racional, objetiva y acumulativa. De una manera muy justificada, los primeros lectores de Kuhn le recriminaron haber dicho que la ciencia es una actividad totalmente no racional, caracterizada por la adhesión dogmática a un paradigma en periodos de normalidad y por las súbitas "experiencias de conversión" en periodos revolucionarios.

Sin embargo, el propio Kuhn estaba insatisfecho con esa interpretación de su obra. En una posdata a la segunda edición de su libro, publicada en 1970, así como en textos subsecuentes, Kuhn moderó en forma notable el tono y acusó a algunos de sus primeros lectores de interpretar mal sus intenciones. Su libro no era un intento de sembrar dudas sobre la racionalidad de la ciencia, argumentaba, sino de ofrecer una imagen más realista y apegada a la historia de cómo se desarrolla la ciencia. Con su rechazo a la historia de la ciencia, los positivistas elaboraron una descripción muy simplista, más bien idealista, sobre cómo funciona la ciencia, y el propósito de Kuhn se limitaba a proporcionar un correctivo. No pretendía mostrar que la ciencia era irracional, sino brindar una mejor explicación de lo que implica la racionalidad científica.

Algunos comentaristas consideran la posdata de Kuhn como una simple retractación de su posición original, más que una clarificación de ella. Si esto es una valoración justa no es importante aquí. Sin embargo, la posdata arrojó cierta luz sobre un tema importante. Al rechazar el cargo que se le hacía de tachar de irracionales los cambios de paradigma, Kuhn hizo la famosa declaración de que no hay "algoritmo" para la elección de una

teoría en ciencia. ¿Qué significa esto? Un algoritmo es un conjunto de reglas que nos permiten calcular la respuesta a una interrogante en particular. Por ejemplo, un algoritmo para la multiplicación es un conjunto de reglas que, *cuando se aplican a dos números cualesquiera, nos dicen* su producto. (Cuando se estudia aritmética en la escuela primaria se aprenden algoritmos para la suma, la resta, la multiplicación y la división.) En consecuencia, un algoritmo para elegir una teoría es un conjunto de reglas que, aplicadas a dos teorías rivales, nos dirán cuál escoger. Buena parte de la filosofía de la ciencia estaba, en efecto, comprometida con la existencia de un algoritmo así. A menudo los positivistas escribían que, dado un conjunto de datos y dos teorías rivales, podrían usarse los "principios del método científico" para determinar qué teoría era mejor. Esta idea estaba implícita en su argumento de que, si bien el descubrimiento era una cuestión psicológica, la justificación era un asunto de lógica.

La insistencia de Kuhn de que no hay un algoritmo para la elección de una teoría en ciencia se acerca bastante a lo correcto, porque nadie ha tenido éxito en cuanto a producir un algoritmo de esa naturaleza. Innumerables filósofos y científicos han hecho multitud de sugerencias acerca de qué buscar en las teorías: sencillez, amplitud de visión, correspondencia cercana con los datos, y otros elementos más. Sin embargo, estas sugerencias están lejos de proporcionar un algoritmo verdadero, como Kuhn bien sabía. Ahora bien, puede haber intercambios: la teoría uno puede ser más sencilla que la dos, pero la dos puede acercarse más a los datos. De esta manera, a menudo se necesitará un elemento de juicio subjetivo, o de sentido común científico, para decidir entre teorías

rivales. Vista con esta luz, la sugerencia de Kuhn de que la adopción de un nuevo paradigma constituye un acto de fe no parece muy radical, lo mismo que su énfasis en la capacidad de persuasión de los defensores de un paradigma cuando tratan de imponerlo por encima de la comunidad científica.

La tesis de que no hay algoritmo para la elección de una teoría refuerza la idea de que la descripción de Kuhn de los cambios de paradigma no es un asalto a la racionalidad de la ciencia. Más bien, lo que se aprecia en Kuhn es un rechazo a cierta concepción de racionalidad. En efecto, los positivistas creían que *debía* haber un algoritmo para la elección de teorías, so pena de que el cambio científico fuera irracional. Esto de ninguna manera es un absurdo: muchos paradigmas de acción racional implican reglas, o algoritmos. Por ejemplo, si se quiere decidir en qué país, Inglaterra o Japón, es más barato un artículo, se aplica un algoritmo para convertir libras a yenes; cualquier otra forma de decidir el asunto es irracional. De manera similar, si un científico trata de decidir entre dos teorías rivales, es tentador pensar que la única manera racional de proceder es aplicar un algoritmo para la elección de una de las teorías. De este modo, si resulta que no hay un algoritmo semejante, como parece probable, tenemos dos opciones. Podemos concluir que el cambio científico es irracional *o* que la concepción positivista de la racionalidad es demasiado exigente. En su posdata, Kuhn sugiere que la última es la lectura correcta de su obra. La moraleja de esta historia no es que los cambios de paradigma sean irracionales, sino que se requiere un concepto de racionalidad más relajado, no algorítmico, para que dichos cambios tengan sentido.

El legado de Kuhn

A pesar de su naturaleza controversial, las ideas de Kuhn transformaron la filosofía de la ciencia. Esto se debe, en parte, a que Kuhn cuestionó muchos supuestos que se daban por hechos, forzando a los filósofos a confrontarlos, y en parte a que se interesó en una gama de temas que la filosofía tradicional de la ciencia simplemente había ignorado. Gracias a Kuhn, el argumento de que los filósofos podían hacer a un lado la historia de la ciencia parecía cada vez más insostenible, al igual que la idea de una aguda dicotomía entre los contextos de descubrimiento y de justificación. Los filósofos de la ciencia contemporáneos ponen mucha más atención al desarrollo histórico de la ciencia que los antecesores de Kuhn. Incluso aquellos que no comulgaban con las ideas más radicales de este pensador, aceptaron que en esos aspectos su influencia había sido positiva.

Otra importante consecuencia del trabajo de Kuhn fue centrar la atención en el contexto social en el que tienen lugar las ciencias, algo que para la filosofía tradicional carecía de importancia. Para Kuhn, la ciencia es una actividad social: la existencia de una comunidad científica, ligada por la lealtad a un paradigma compartido, es un prerrequisito para la práctica de la ciencia normal. Kuhn también mostró un gran interés por la forma como se enseñaba la ciencia en las escuelas y universidades, cómo se iniciaban los jóvenes en la comunidad científica, cómo se publicaban los resultados de investigaciones científicas y otras cuestiones "sociológicas". No es de sorprender que las ideas de Kuhn hayan tenido tanta influencia en los sociólogos de la ciencia. En particular, el movimiento

conocido como "programa fuerte" en la sociología de la ciencia, surgido en Inglaterra durante la década de 1970, le debe mucho a Kuhn.

El programa fuerte se basaba en la noción de que la ciencia debía verse como un producto de la sociedad en la que estaba inmersa. Los sociólogos adherentes a este movimiento adoptaron dicha noción en una forma muy literal: sostenían que las ideas de los científicos estaban, en buena medida, determinadas por el contexto social. Así, para explicar por qué un científico cree en una teoría dada, por ejemplo, citaban aspectos del entorno social y cultural del científico. También afirmaban que las razones de éste para adherirse a una teoría nunca eran una explicación suficiente. El programa fuerte tomó prestados muchos de los temas de Kuhn, incluida la teoría de la inclinación de los datos hacia la teoría, la visión de la ciencia como una empresa esencialmente social y la idea de que no hay un algoritmo para elegir una teoría. Sin embargo, los sociólogos del programa fuerte eran más radicales que Kuhn, y menos cautelosos. Rechazaban de manera abierta las nociones de verdad objetiva y racionalidad, que consideraban sospechosas desde un punto de vista ideológico, y veían a la filosofía tradicional de la ciencia con gran desconfianza. Esto creó cierta tensión entre los filósofos y los sociólogos de la ciencia, la cual continúa hasta nuestros días.

Asimismo, la obra de Kuhn ha desempeñado un papel importante en el surgimiento del *relativismo cultural* en las humanidades y las ciencias sociales. El relativismo cultural no es una doctrina muy definida, pero la idea central es que no existe la verdad absoluta, porque la verdad es relativa a una cultura en particular. Po

demos pensar que la ciencia occidental revela la verdad acerca del mundo, pero los relativistas culturales dirían que otras culturas y sociedades, por ejemplo, los indígenas norteamericanos tienen su propia verdad. Como hemos visto, Kuhn, de hecho, abrazó las ideas relativistas. Sin embargo, en realidad hay cierta ironía en la influencia aparentemente recibida del relativismo cultural. Los seguidores de este movimiento suelen ser muy contrarios a la ciencia. Objetan el elevado estatus que ésta ha alcanzado en nuestra sociedad, argumentando que discrimina los sistemas de creencias alternativos que son igualmente valiosos. Por su parte, Kuhn era un fiel partidario de la ciencia. Como los positivistas, consideraba a la ciencia moderna como un logro intelectual muy impresionante. Su doctrina de los cambios de paradigma, de la ciencia normal y la revolucionaria, de la inconmensurabilidad y de la teoría de la inclinación de los datos hacia la teoría no pretendía minar o criticar la actividad científica, sino ayudar a comprenderla mejor.

6. PROBLEMAS FILOSÓFICOS EN FÍSICA, BIOLOGÍA Y PSICOLOGÍA

Los temas estudiados hasta ahora: inducción, explicación, realismo y cambio científico, pertenecen a lo que se denomina "filosofía general de la ciencia". Dichos temas conciernen a la naturaleza de la investigación científica en general, más que pertenecer específicamente a la química, digamos, o a la geología. Sin embargo, hay también muchas interrogantes filosóficas interesantes que son específicas de una ciencia en particular y pertenecen a lo que se llama "filosofía de las ciencias especiales". Estas interrogantes suelen depender, en parte, de las consideraciones filosóficas y también de los hechos empíricos, lo cual las hace más interesantes. En este capítulo examinaremos tres de esas interrogantes, una de la física, otra de la biología y otra de la psicología.

Leibnitz contra Newton en el espacio absoluto

Nuestro primer tema es un debate entre Gottfried Leibnitz (1646-1716) e Isaac Newton (1642-1727), dos de los intelectos científicos más extraordinarios del siglo XVII. El debate tenía que ver con la naturaleza del espacio y el tiempo. En primera instancia nos centraremos en el espacio, si bien las cuestiones relativas al tiempo son para

lelas. En su famoso libro *Principles of Natural Philosophy* (*Los principios matemáticos de filosofía natural*), Newton defendía lo que se denominaba concepción "absolutista" del espacio. De acuerdo con este punto de vista, el espacio tiene una existencia "absoluta" además de las relaciones espaciales entre los objetos. Newton concebía al espacio como un contenedor tridimensional en el que Dios había colocado el universo material durante la creación. Esto implica que el espacio existía antes de que hubiera objetos materiales, al igual que una caja de cereal existe antes de que se le ponga dentro el cereal. De acuerdo con Newton, la única diferencia entre el espacio y contenedores ordinarios como la caja de cereal es que esta última tiene dimensiones finitas, mientras que el espacio se extiende de manera infinita en todas direcciones.

Leibnitz difería en forma radical de la noción absolutista del espacio, y de buena parte de la filosofía de Newton. Él argumentaba que el espacio consiste simplemente en la totalidad de las relaciones espaciales entre los objetos materiales. Ejemplos de relaciones espaciales son "arriba", "abajo", "a la izquierda" y "a la derecha" —son relaciones que los objetos establecen entre sí. Esta concepción "relacionista" del espacio implica que antes de que hubiera objetos materiales, el espacio no existía. Leibnitz afirmaba que éste comenzó a existir *cuando* Dios creó el universo material; no existía antes, esperando a ser llenado de objetos materiales. De esta manera, el espacio no se concibe como un contenedor ni como una entidad de ninguna clase. El punto de vista de Leibnitz puede entenderse en términos de una analogía. Un contrato legal consiste en una relación entre dos partes: el vendedor y el comprador de una casa, por ejemplo. Si una de

las partes muere, entonces el contrato deja de existir. De este modo, sería absurdo decir que el contrato tiene una existencia independiente de la relación entre vendedor y comprador; el contrato *es* esa relación. De manera similar, el espacio no es nada más que las relaciones espaciales entre objetos.

La razón principal de Newton para introducir el concepto de espacio absoluto era distinguir entre movimiento absoluto y relativo. El movimiento relativo es el realizado por un objeto respecto de otro. Hasta donde concierne al movimiento relativo, no tiene sentido preguntar si un objeto "en realidad" se mueve o no; sólo podemos preguntar si se mueve con respecto de otro objeto. Para ilustrar esto, imagínese a dos personas que caminan juntas en una carretera recta. En relación con un espectador detenido a un lado del camino, es obvio que ambos están en movimiento; en ese momento, avanzan. Sin embargo, en relación con cada uno de los caminantes, éstos no están en movimiento; sus posiciones son exactamente las mismas, siempre y cuando se mantengan caminando en la misma dirección y a la misma velocidad. Así, un objeto puede estar en movimiento relativo respecto de otro, pero ser estacionario respecto de otro más.

Newton creía que así como existe el movimiento relativo, existe también el movimiento absoluto. Esta noción se apoya en el sentido común. De manera intuitiva, *tiene* sentido preguntar si un objeto "en realidad" se mueve o no. Imagínense dos objetos en movimiento relativo, digamos un planeador y un observador en tierra. El movimiento relativo es simétrico: así como el planeador está en movimiento relativo al observador en tierra, así el observador se encuentra en movimiento rela-

tivo al planeador. Sin embargo, ¿tiene sentido preguntar si el observador o el planeador "en realidad" se mueve, o si ambos se mueven? Si es así, entonces necesitamos el concepto de movimiento absoluto.

Sin embargo, ¿qué es en realidad el movimiento absoluto? De acuerdo con Newton, es el movimiento de un objeto *con respecto al espacio absoluto*. Newton pensaba que en un momento dado todo objeto tiene un lugar particular en el espacio absoluto. Si un objeto cambia su ubicación en el espacio absoluto de un momento a otro, entonces se trata de un movimiento absoluto; de lo contrario, se encuentra en reposo absoluto. De este modo, necesitamos pensar en el espacio como una entidad absoluta, independiente de las relaciones entre objetos materiales, a fin de distinguir el movimiento relativo del absoluto. Nótese que el razonamiento de Newton se basa en un supuesto importante. Él supone de manera incuestionable que todo movimiento tiene que ser relativo a algo. El movimiento relativo lo es con respecto a otros objetos materiales, mientras que el movimiento absoluto es relativo al propio espacio absoluto. Así que, en cierto sentido, incluso el movimiento absoluto es "relativo" para Newton. En efecto, el supone que estar en movimiento, ya sea absoluto o relativo, no puede ser un "hecho bruto" acerca de un objeto; sólo puede ser un hecho acerca de las relaciones del objeto con algo más. Ese *algo más* puede ser otro objeto material o puede ser el espacio absoluto.

Leibnitz aceptaba que había una diferencia entre movimiento relativo y absoluto, pero negaba que este último debiera explicarse como un movimiento con respecto al espacio absoluto. Él consideraba que el concepto

de espacio absoluto era incoherente. Tenía innumerables argumentos que apoyaban esta noción, muchos de los cuales eran de naturaleza teológica. Desde un punto de vista filosófico, el argumento más interesante de Leibnitz era que el espacio absoluto entraba en conflicto con lo que él llamaba principio de la identidad de los indiscernibles (PII). Como Leibnitz pensaba que la veracidad de este principio estaba fuera de toda duda, rechazaba el concepto de espacio absoluto.

El PII dice que si dos objetos son indiscernibles, entonces son idénticos; es decir, en realidad son uno y el mismo objeto. ¿Qué significa llamar a dos objetos indiscernibles? Significa que no pueden encontrarse en absoluto diferencias entre ellos, porque tienen exactamente los mismos atributos. De este modo, si el PII es verdadero, entonces dos objetos distintos deben diferir en cuando menos uno de sus atributos, pues de lo contrario serían uno, no dos. La intuición nos dice que el PII es incuestionable. Es cierto que resulta difícil encontrar un ejemplo de dos objetos distintos que compartan *todos* sus atributos. Incluso los artículos fabricados en serie tienen innumerables diferencias, aun si éstas no pueden detectarse a simple vista. La pregunta de si el PII es veraz constituye una compleja interrogante que los filósofos aún debaten; la respuesta depende, en parte, de qué se considera en realidad un "atributo", y, en parte, de temas complicados de física cuántica. Sin embargo, nuestra preocupación por el momento es el uso que hace Leibnitz del principio.

Lebnitz usa dos experimentos mentales para revelar el conflicto entre la teoría de Newton del espacio absoluto y el PII. Su estrategia argumentativa es indirecta: él supone, en aras de la discusión, que la teoría de Newton

es correcta y entonces trata de mostrar que existe una contradicción en ese supuesto; como las contradicciones no pueden ser verdaderas, Leibnitz concluye que la teoría de Newton debe ser falsa. Recuérdese que para Newton, en cualquier momento del tiempo cada objeto en el universo tiene una ubicación definida en el espacio absoluto. Leibnitz nos pide imaginar dos universos distintos, ambos con los mismos objetos. En el universo uno, cada objeto ocupa un lugar particular en el espacio absoluto. En el universo dos, cada objeto ha sido cambiado a otro lugar diferente en el espacio absoluto, dos kilómetros al este (por ejemplo). No habría forma de describir estos dos universos por separado, porque no podemos observar la posición de un objeto en el espacio absoluto, como el propio Newton admitía. Todo lo que podemos observar es la posición de los objetos *en relación con otro*, y esto permanecería sin cambio ya que todos los objetos son cambiados por la misma cantidad. Ninguna observación o experimento podría revelar si vivimos en el universo uno o en el dos.

El segundo experimento mental es similar. Recuérdese que para Newton algunos objetos se mueven en el espacio absoluto, mientras que otros están en reposo. Esto significa que en todo momento, cada objeto tiene una velocidad absoluta definida. (La velocidad es en una dirección dada, así que la velocidad absoluta de un objeto es la velocidad a la cual se mueve a través del espacio absoluto en una dirección especifica. Los objetos en reposo absoluto tienen una velocidad absoluta de cero.) Ahora imaginemos dos universos diferentes, ambos exactamente con los mismos objetos. En el universo uno, cada objeto tiene una velocidad absoluta particular.

En el universo dos, la velocidad absoluta de cada objeto se mantiene en una cantidad fija, digamos 300 kilómetros por hora, en una dirección especifica. De nuevo, no podríamos describir esos dos universos por separado, porque es imposible observar cuán rápido se mueve un objeto con respecto al espacio absoluto, como el mismo Newton admitía. Sólo podemos observar cuán rápido se mueven los objetos *en relación con cada uno de los demás* —y esas velocidades relativas permanecerían sin cambio—, porque la velocidad de cada objeto es impulsada exactamente por la misma cantidad. Una vez más, ninguna observación o experimento podría revelar si vivimos en el universo uno o en el dos.

En cada uno de estos experimentos mentales, Leibnitz describe dos universos que, con la propia aceptación de Newton, no podemos mencionar por separado; son perfectamente indiscernibles. Sin embargo, mediante el PII esto significa que los dos universos en realidad son uno. Así, se deduce que la teoría de Newton del espacio absoluto es falsa. Otra forma de ver el punto es la siguiente. La teoría de Newton implica que hay una diferencia genuina entre el universo que se encuentra en un lugar en el espacio absoluto y cuando se le cambia a un lugar diferente. Sin embargo, Leibnitz señala que esta diferencia será por completo indetectable debido a que cada objeto cambia de lugar en la misma cantidad. Pero si no puede detectarse diferencia entre dos universos, entonces éstos son indiscernibles, y el PII nos dice que en realidad son el mismo universo. De esta manera, la teoría de Newton tiene una consecuencia falsa: implica que hay dos cosas cuando sólo hay una. Entonces, el concepto de espacio absoluto entra en conflicto

con el PII. La lógica del segundo experimento mental de Leibnitz es idéntica.

En efecto, el argumento de Leibnitz es que el espacio absoluto constituye una noción vacía porque no plantea una diferencia observacional. Si ni el lugar de los objetos en el espacio absoluto ni su velocidad con respecto al espacio absoluto pueden detectarse, ¿por qué creer en el espacio absoluto? Leibnitz apela al principio muy razonable de que en ciencia sólo debemos postular entidades no observables si su existencia hiciera una diferencia que pudiésemos detectar mediante la observación.

Sin embargo, Newton pensaba que era posible mostrar que el espacio absoluto *tenía* efectos observacionales. Éste es el meollo de su famoso argumento del "cubo giratorio". Él nos pide imaginar un cubo lleno de agua, suspendido de una cuerda a través de un agujero en la base del cubo (figura 12). En un principio, el agua

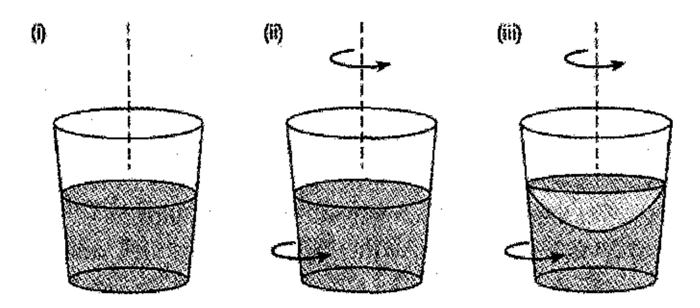


Figura 12. Experimento del "cubo giratorio" de Newton. En la etapa (i) el cubo y el agua se hallan en reposo; en la etapa (ii) el cubo gira en relación con el agua; en la etapa (iii) el cubo y el agua giran juntos.

está en reposo en relación con el cubo. Luego la cuerda se enrolla muchas veces y a continuación se libera. Conforme la cuerda se desenrolla, el cubo empieza a girar. Al principio el agua del cubo permanece inmóvil y su superficie se mantiene lisa; luego el cubo comienza a rotar en relación con el agua. Sin embargo, después de unos momentos el cubo imprime su movimiento al agua, y ésta comienza a girar junto con el cubo; entonces el cubo y el agua se encuentran de nuevo en reposo uno en relación con el otro. La experiencia muestra que la superficie del agua se curva y sube hacia los lados, como indica el diagrama.

¿Qué provoca que la superficie del agua suba?, pregunta Newton. Está claro que algo tiene que ver con la rotación del agua. Pero la rotación es un tipo de movimiento, y para Newton el movimiento de un objeto siempre es relativo a algo más. Así que debemos preguntarnos: ¿en relación a qué gira el agua? Es obvio que no lo hace en relación al cubo, porque el cubo y el agua giran juntos y, en consecuencia, se encuentran en reposo relativo. Newton argumenta que el agua gira en relación al espacio absoluto, y esto es lo que causa que su superficie se curve. De esta manera, el espacio absoluto de hecho tiene efectos observacionales.

Se puede pensar que hay una laguna en el argumento de Newton. Se da por hecho que el agua no gira en relación al cubo; sin embargo, ¿por qué concluir que debe girar en relación al espacio absoluto? El agua gira en relación a la persona que hace el experimento, en relación a la superficie de la Tierra y en relación a las estrellas fijas, pero ¿es seguro que alguno de estos elementos provocaría que el agua suba? Newton tenía una

respuesta sencilla para este movimiento. Imagínese un universo que no contiene más que el cubo giratorio. En un universo así, no podemos explicar la superficie curvada del agua apelando a la rotación de ésta en relación a otros objetos, porque no hay ninguno, y como antes el agua se encuentra en reposo relativo al cubo. El espacio absoluto es el único elemento en relación al cual gira el agua. Es por eso que debemos creer en el espacio absoluto, so pena de no poder explicar por qué la superficie del agua se curva.

En efecto, Newton está diciendo que aunque la *posición de un objeto en el espacio absoluto y su velocidad* con respecto a este espacio no se pueden detectar, es posible decir cuándo un objeto está *acelerando* respecto al espacio absoluto. Cuando un objeto gira, entonces por definición está acelerando, aun cuando la velocidad de rotación sea constante. Esto se debe a que, en física, la aceleración se define como la razón de cambio de velocidad, y la velocidad lo es *en una dirección fija*. Como los objetos giratorios modifican en forma constante su dirección de movimiento, se infiere que su velocidad no es constante, y por lo tanto están acelerando. La superficie curva del agua es sólo un ejemplo de lo que se conoce como "efectos inerciales", es decir, efectos producidos por el movimiento acelerado. Otro ejemplo es la sensación de ser empujado hacia atrás del asiento cuando despega un aeroplano. La única explicación posible de los efectos inerciales, pensaba Newton, es la aceleración del objeto que experimenta esos efectos con respecto al espacio absoluto. En un universo que contuviera sólo el objeto en aceleración, el espacio absoluto es el único elemento al cual la aceleración podría ser relativa.

El argumento de Newton es consistente pero no concluyente. ¿Cómo sabe Newton que la superficie del agua se *curvaría* si el experimento del cubo giratorio se realiza en un universo que no contiene otros objetos materiales? Newton simplemente supone que los efectos inerciales que encontramos en este mundo serían iguales en un mundo privado de cualquier otra materia. Éste es un supuesto sustancial por razones obvias, y muchas personas han cuestionado la autoridad de Newton al respecto. Así, la argumentación de Newton no prueba la existencia del espacio absoluto. Más bien, plantea un desafío al partidario de Leibnitz en el sentido de proporcionar una explicación alternativa de los efectos inerciales.

Leibnitz también enfrenta el reto de explicar la diferencia entre movimiento absoluto y relativo sin invocar el espacio absoluto. Sobre este problema, Leibnitz escribió que un cuerpo se encuentra en movimiento absoluto o verdadero "cuando la causa inmediata del cambio está en el cuerpo mismo". Recuérdese el caso del planeador y el observador en tierra, los cuales se encuentran en movimiento uno en relación con el otro. Para determinar cuál de los dos "realmente" se mueve, Leibnitz diría que necesitamos decidir si la causa inmediata del cambio (es decir, del movimiento relativo) se encuentra en el planeador, en el observador o en ambos. Este planteamiento para distinguir el movimiento absoluto del relativo evita toda referencia al espacio absoluto, pero no es muy claro. Leibnitz nunca explica con claridad qué *quiere decir* con la "causa inmediata del cambio" en un objeto. Sin embargo, puede ser que haya deseado rechazar el supuesto de Newton de que el movimiento de un objeto, ya sea relativo o absoluto, sólo pue-

de ser un hecho acerca de las relaciones del objeto con algún otro.

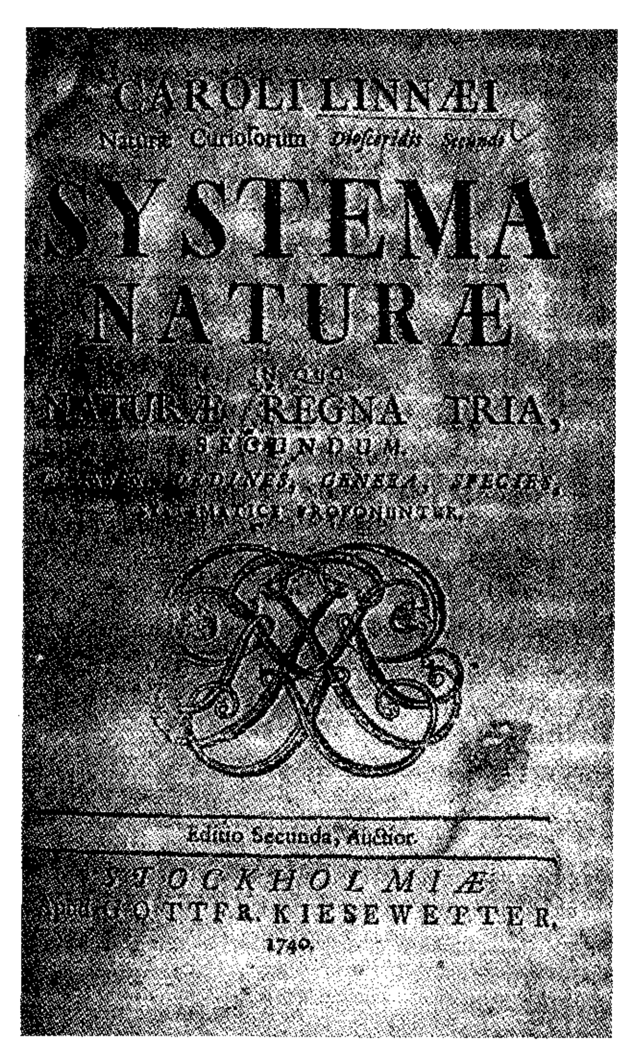
Uno de los enigmas acerca de la controversia absoluto/relativo es que se resiste a morir. La descripción de Newton del espacio estaba íntimamente ligada con su física, y los planteamientos de Leibnitz fueron una reacción directa a los de Newton. Podría pensarse entonces que los avances en física desde el siglo XVII habrían resuelto de inmediato el problema. Pero esto no ha sucedido. Aunque alguna vez se tuvo el convencimiento de que la teoría de la relatividad de Einstein había decidido el asunto en favor de Leibnitz, esta posición ha sido muy cuestionada en los últimos años. Más de 300 años después del debate original entre Newton y Leibnitz, la controversia persiste.

El problema de la clasificación biológica

Clasificar o catalogar los objetos bajo estudio en tipos generales es muy importante en todas las ciencias. Los geólogos clasifican las rocas en ígneas, sedimentarias o metamórficas, dependiendo de cómo se hayan formado. Los economistas clasifican los sistemas de impuestos como proporcionales, progresivos o regresivos, dependiendo de cuán injustos sean. La función principal de la clasificación es proporcionar información. Si un químico nos dice que algo es un metal, eso nos brinda mucha información acerca de su probable comportamiento. La clasificación hace surgir algunos problemas filosóficos interesantes, en especial por el hecho de que cualquier conjunto dado de objetos puede, en principio, clasificarse en muy distintas formas. Los químicos clasifican las

sustancias por su número atómico, conformándose así la tabla periódica de los elementos. Sin embargo, de la misma manera podrían clasificar las sustancias por su color, su olor o su densidad. Entonces, ¿cómo debemos elegir entre esas formas alternativas de clasificación? ¿Hay una forma "correcta" de clasificar? ¿O finalmente todos los sistemas de clasificación son arbitrarios? Estas preguntas son más perentorias en el contexto de la clasificación biológica, o taxonómica, que será nuestro tema aquí.

Por tradición, los biólogos clasifican las plantas y los organismos usando el sistema linneano, llamado así por el naturalista sueco del siglo XVIII, Carlos Linneo (1707-1778) (figura 13). Los elementos básicos del sistema linneano son directos, y familiares para mucha gente. Antes que nada, los organismos individuales están asignados a *especies*. Cada especie está asignada a un *género* y cada género a una *familia*, cada familia a un *orden*, cada orden a una *clase*, cada clase a un *filo* y cada filo a un *reino*. También se reconocen niveles intermedios, como la *subespecie*, la *subfamilia* y la *superfamilia*. La especie es la unidad taxonómica básica; géneros, familias, órdenes, etcétera, se conocen como "taxón superior". El nombre latino estándar para una especie indica el género al que pertenece dicha especie, pero no más. Por ejemplo, pertenecemos al *Homo sapiens*, la única especie sobreviviente del género Homo. Otras dos especies de ese género son el *Homo erectus* y el *Homo habilis*, ambas extintas. El género Homo pertenece a la familia Homínido, que pertenece a la superfamilia Hominoide, que pertenece al orden Primate, que pertenece a la clase Mamífero, que pertenece al filum Cordado, que pertenece al reino Animal.



CAROLI LINNÆI

Naturæ Curiosorum *Dioscoridis Secundi*

SYSTEMA

NATURÆ

IN QUO

NATURÆ REGNA TRIA,

SECUNDUM

ORDINES, GENERA, SPECIES,

Editio Secunda, Auctior.

STOCKHOLMIÆ

GOTTFR. KIESEWETTER,

1740.

Figura 13. El libro más famoso de Linneo, *Systema Naturae,* en el cual presentó su clasificación de plantas, animales y minerales.

Nótese que esta forma de clasificar organismos es jerárquica: diversas especies se agrupan en un solo género, varios géneros en una sola familia, varias familias en un solo orden, etcétera. De esta manera, conforme nos movemos hacia arriba encontramos menos taxones en cada nivel. En la base hay literalmente millones de especies, pero en la cima hay sólo cinco reinos: animales, plantas, hongos, bacterias y protistas (como las algas). No todos los sistemas de clasificación en ciencia son jerárquicos. La tabla periódica en química es un ejemplo de clasificación no jerárquica. Los diferentes elementos químicos no están reunidos en grupos cada vez más incluyentes, como lo están las especies en el sistema de Linneo. Una pregunta importante que surge aquí es *por qué* la clasificación biológica debe ser jerárquica.

El sistema de Linneo fue útil para los naturalistas durante cientos de años, y continúa en uso hasta el día de hoy. En cierta forma esto es sorprendente, porque las teorías biológicas han cambiado de manera considerable en todo este tiempo. La piedra angular de la biología moderna es la teoría de la evolución de Darwin, que dice que las especies contemporáneas descienden de especies ancestrales; esta teoría contrasta con la visión antigua, la bíblica, de que Dios creó cada especie por separado. *El origen de las especies* de Darwin se publicó en 1859, pero no fue hasta mediados del siglo XX que los biólogos comenzaron a preguntarse si la teoría de la evolución debía tener algún impacto en la forma de clasificar los organismos. Hacia la década de 1970 surgieron dos escuelas taxonómicas rivales que ofrecían sus propias respuestas a esta interrogante. De acuerdo con los *cladistas*, las clasificaciones biológicas deben reflejar las relaciones de evolu-

ción entre las especies, de modo que el conocimiento de la historia de la evolución es indispensable para realizar una buena clasificación. De acuerdo con los *feneticistas*, eso no es así: la clasificación puede y debe ser totalmente independiente de las consideraciones de la evolución. Un tercer grupo, conocido como *taxonomistas de la evolución*, trata de combinar elementos de ambas corrientes.

Para entender la disputa entre cladistas y feneticistas, debemos dividir el problema de la clasificación biológica en dos partes. Primero, existe la dificultad para clasificar organismos en especies, conocida como el "problema de la especie". Este problema no se ha resuelto en absoluto, pero en la práctica los biólogos suelen coincidir en cómo delimitar una especie, si bien hay casos difíciles. En términos generales, los biólogos asignan organismos a la misma especie si éstos pueden procrear entre sí; de lo contrario los asignan a otra especie diferente. Segundo, se presenta el problema de cómo acomodar un grupo de especies en un taxón más alto, lo cual por supuesto supone una solución al primer problema. Como ha ocurrido, cladistas y feneticistas a menudo difieren en cuanto al problema de la especie, aunque su disputa tiene que ver, sobre todo, con taxones superiores. Así, por el momento ignoraremos el problema de las especies —supondremos que los organismos han sido ubicados de manera satisfactoria en especies. La pregunta es: ¿hacia dónde vamos a partir de aquí? ¿Qué principios utilizamos para clasificar esas especies en taxones más altos?

Para enfocar el asunto, considérese el siguiente ejemplo: los seres humanos, los chimpancés, los gorilas, los chimpancés pigmeos, los orangutanes y los gibones suelen clasificarse como miembros de la superfamilia Ho-

minoide. Sin embargo, los babuinos no están incluidos aquí. ¿Por qué? ¿Cuál es la justificación para ubicar a los seres humanos, los chimpancés, los gorilas, etcétera, en un grupo que no incluye a los babuinos? De acuerdo con los feneticistas, la respuesta es que los primeros tienen ciertos rasgos que están ausentes en los babuinos; por ejemplo, la falta de cola. Desde este punto de vista, los agrupamientos taxonómicos deben basarse en la *similitud*; se agrupan especies que tengan similitudes importantes entre sí y se deja fuera a las que no sean similares. En principio, es un planteamiento razonable porque se ajusta a la perfección a la idea de que el propósito de la clasificación es proporcionar información. Si los grupos taxonómicos se basan en la similitud, entonces saber a qué grupo pertenece un organismo en particular nos dirá mucho acerca de sus probables características. Si se nos informa que un organismo dado pertenece a la superfamilia Hominoide, sabremos que no tiene cola. Además, muchos de los grupos reconocidos por la taxonomía tradicional parecen basarse en la similitud. Para poner un ejemplo obvio, todas las plantas comparten varios rasgos que no tienen los animales, así que ubicar las plantas en un mismo reino y los animales en otro tiene sentido desde el punto de vista de los feneticistas.

Sin embargo, los cladistas insisten en que la similitud no debe considerarse en absoluto para fines de clasificación. En realidad lo que importa son las relaciones de evolución entre las especies, conocidas como relaciones *filogenéticas*. Los cladistas están de acuerdo en que los babuinos deben ser excluidos del grupo que incluye a los seres humanos, los chimpancés, los gorilas, etcétera. Pero la justificación de esto no tiene nada que ver con

las similitudes y diferencias entre especies. El punto es más bien que la especie Hominoide tiene una relación más estrecha entre sí que con los babuinos. ¿Qué significa esto con exactitud? Significa que toda la especie Hominoide comparte un ancestro común que no es ancestro de los babuinos. Nótese que esto *no* quiere decir que la especie Hominoide y los babuinos no tengan en absoluto un ancestro común. Por el contrario, cualesquiera de las dos especies tienen un ancestro común si se regresa lo suficiente en el tiempo de la evolución, porque se supone que toda la vida en la Tierra tiene un mismo origen. Más bien el asunto se refiere a que el ancestro común de los hominoides y los babuinos es también el ancestro de varias especies más, por ejemplo, las diversas especies de macacos. De esta manera, los cladistas argumentan que cualquier grupo taxonómico que contenga la especie Hominoide y los babuinos también debe contener esas otras especies. Ningún grupo taxonómico puede contener *sólo* la especie Hominoide y a los babuinos.

La idea clave de los cladistas es que todos los grupos taxonómicos, sean géneros, familias, superfamilias u otros, deben ser *monofiléticos*. Un grupo monofilético es aquel que contiene una especie ancestral y todos sus descendientes, pero nada más. Estos grupos tienen diversas dimensiones. En un extremo, todas las especies que han existido forman un grupo monofilético, suponiendo que la vida en la tierra se originó una sola vez. En el otro extremo, puede haber grupos monofiléticos de sólo dos especies si son los únicos descendientes de un ancestro común. El grupo que contiene sólo la especie Hominoide y los babuinos no es monofilética porque, como vimos, el ancestro común de los hominoides y los babuinos es

también el ancestro de los macacos. No se trata entonces de un grupo taxonómico genuino, de acuerdo con los cladistas. Los grupos que no son monofiléticos no están permitidos en la taxonomía cladista, sin importar cuán similares sean sus miembros. Los cladistas consideran esos agrupamientos como artificiales, en contraste con los grupos monofiléticos "naturales".

El concepto de monofilia se puede entender con facilidad si se presenta en forma gráfica. Considérese el diagrama que aparece a continuación —conocido como *cladograma*— que muestra las relaciones monofiléticas entre seis especies contemporáneas, A-F (figura 14). Las seis especies tienen un ancestro común si retrocedemos lo suficiente en el tiempo, aunque algunas están más relacionadas que otras. Las especies E y F tienen un ancestro muy reciente porque sus ramas se intersecan en el

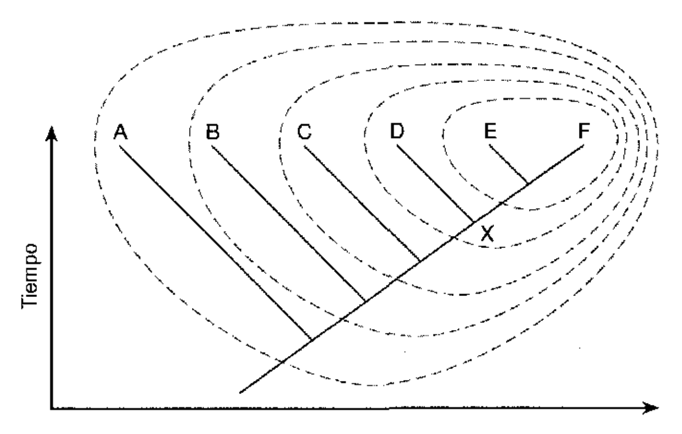


Figura 14. Cladograma que muestra las relaciones filogenéticas entre seis especies contemporáneas.

pasado muy próximo. En contraste, la especie A se separó del resto del linaje desde hace mucho tiempo. Ahora considérese el grupo {D, E, F}. Éste es un grupo monofilético ya que contiene todos los descendientes, y sólo ellos, de una especie ancestral (no mencionada), que se divide en dos en el nodo marcado "x". El grupo {C, D, E, F} también es monofilético, lo mismo que el grupo {B, C, D, E, F}. Sin embargo, el grupo {B, C, D, F} no es monofilético porque el ancestro común de esas cuatro especies es también el ancestro de la especie E. Todos los grupos monofiléticos del diagrama se encuentran encerrados por una línea punteada; cualquier otro grupo de especies no es monofilético.

La disputa entre cladistas y feneticistas no sólo es académica; hay muchos casos de desacuerdos reales. Un ejemplo muy conocido tiene que ver con la clase reptilia, o reptiles. La taxonomía tradicional linneana considera a las lagartijas y los cocodrilos como miembros de los reptiles, pero excluye a las aves, que son ubicadas en una clase separada llamada aves. Los feneticistas aceptan esta clasificación tradicional, porque las aves tienen su propia anatomía y fisiología, muy distinta de la de las lagartijas, los cocodrilos y otros reptiles. Sin embargo, los cladistas sostienen que los reptiles no son, en absoluto, un grupo taxonómico genuino porque no son monofiléticos. Como muestra el cladograma de la figura 15, el ancestro común de las lagartijas y los cocodrilos es también el de las aves; de modo que colocar a las lagartijas y a los cocodrilos en un grupo que excluya a las aves viola el requerimiento de monofilia. En consecuencia, los cladistas recomiendan abandonar la práctica de la taxonomía tradicional: los biólogos no deben hablar

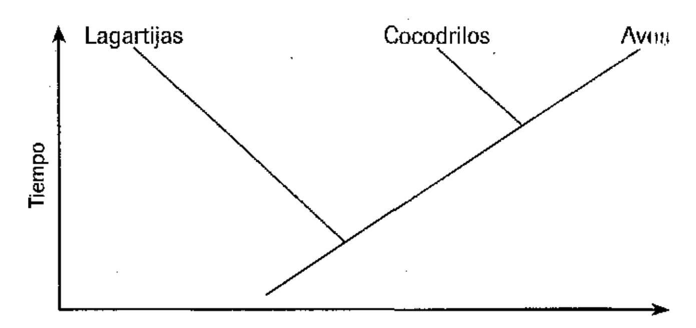


Figura 15. Cladograma que muestra las relaciones filogenéticas entre lagartijas, cocodrilos y aves.

en absoluto de reptiles, porque es un grupo artificial, no natural. Ésta es una recomendación muy radical; incluso los biólogos simpatizantes del espíritu del cladismo a menudo se muestran reacios a abandonar las categorías taxonómicas tradicionales, que han sido útiles a los naturalistas durante siglos.

Los cladistas argumentan que su forma de clasificar es "objetiva", no así la de los feneticistas. Hay algo de razón en esta afirmación. Los feneticistas basan sus clasificaciones en las similitudes entre especies, y los juicios de similitud suelen ser un tanto subjetivos. Cualesquiera de dos especies van a ser similares en algunos aspectos, pero no en otros. Por ejemplo, dos especies de insectos podrían ser muy similares desde el punto de vista anatómico, pero muy distintas en sus hábitos alimenticios. Entonces, ¿qué "aspectos" debemos destacar para hacer juicios de similitud? Los feneticistas esperaban evitar este problema definiendo una medida de "similitud general", que tomaría en cuenta todas las características de una

especie, permitiendo así hacer clasificaciones por completo objetivas. Sin embargo, aunque la idea suena bien, no funciona, sobre todo porque no hay una forma clara de hacer un recuento de características. En la actualidad, la mayoría de la gente cree que la idea misma de "similitud general" es filosóficamente sospechosa. Existen clasificaciones feneticistas y se utilizan en la práctica, pero no son del todo objetivas. Los diferentes juicios de similitud llevan a distintas clasificaciones feneticistas, y no hay una forma clara de elegir entre ellas.

El cladismo enfrenta sus propios problemas. El más serio es que, para elaborar una clasificación acorde con sus principios, necesitamos descubrir las relaciones filogenéticas entre las especies que pretendemos clasificar, y esto no es nada fácil. Es obvio que tales relaciones no se pueden descubrir buscando únicamente en la especie; deben inferirse. Se ha desarrollado una gran diversidad de técnicas para inferir relaciones filogenéticas, pero no son seguras. De hecho, conforme surge más evidencia a partir de la genética molecular, las hipótesis acerca de las relaciones filogenéticas entre especies se desechan con prontitud. En realidad, no es fácil poner en práctica las ideas cladistas. Está muy bien decir que en taxonomía sólo se permiten los grupos monofiléticos de especies, pero esto no es muy útil a menos que se conozca si un grupo dado *es* monofilético o no. En efecto, las clasificaciones cladistas constituyen hipótesis acerca de relaciones filogenéticas entre especies y por lo tanto son, en esencia, conjeturales. Los feneticistas objetan que la clasificación no debe apoyarse de esa manera en la teoría. Sostienen que la taxonomía debe ser previa a las conjeturas acerca de la historia de la evolución, no dependiente de ésta.

A pesar de la dificultad de llevar a la práctica el cladismo, y a pesar también del hecho de que los cladistas suelen recomendar modificaciones muy radicales de las categorías taxonómicas tradicionales, cada vez más biólogos adoptan el punto de vista del cladismo. Esto ocurre sobre todo porque esta corriente está libre de ambigüedades, lo cual no se puede decir del enfoque feneticista y de otros; sus principios taxonómicos son muy claros, aun cuando difíciles de implantar. Y hay algo muy intuitivo en la idea de que los grupos monofiléticos de especies son "unidades naturales", mientras que en otros grupos no ocurre lo mismo. Además, el cladismo proporciona una razón genuina de *por qué* la clasificación biológica debe ser jerárquica. Como se indica en la figura 15 anterior, los grupos monofiléticos siempre están anidados en otros, de modo que si el requerimiento de monofilia se sigue con todo rigor, la clasificación resultante será, automáticamente, jerárquica. Clasificar con base en la similitud también puede generar una clasificación jerárquica, pero los feneticistas no tienen una justificación comparable de *por qué* la clasificación biológica debe ser de ese modo. Es sorprendente que los naturalistas hayan clasificado organismos vivos en forma jerárquica durante cientos de años, y que la razón para hacerlo se haya aclarado apenas hasta fechas recientes.

¿Es modular la mente?

Uno de los objetivos centrales de la psicología es comprender cómo le hacen los seres humanos para realizar las tareas cognitivas. Por "tareas cognitivas" no nos referimos a actividades como resolver crucigramas, sino a acciones

más cotidianas como cruzar la calle de manera segura, entender lo que dicen los demás, reconocer los rostros de otras personas, verificar el cambio en una tienda, etcétera. No se puede negar que los seres humanos somos muy buenos en muchas de esas tareas —tan buenos que realizamos esas actividades con gran rapidez y muy poca intervención del pensamiento consciente. Para apreciar lo extraordinario de esto, considérese el hecho de que no se ha diseñado un robot que se comporte ni remotamente como un ser humano en una situación real, a pesar de los cuantiosos esfuerzos y recursos que se han destinado para conseguirlo. Ningún robot puede resolver crucigramas o mantener una conversación con la facilidad que una persona promedio puede hacerlo. De una manera u otra, los seres humanos somos capaces de realizar tareas cognitivas complejas con un mínimo esfuerzo. Tratar de explicar esto es el principal problema de la disciplina conocida como *psicología cognitiva*.

Nos concentraremos en un antiguo, pero inconcluso debate entre psicólogos cognitivos con respecto a la arquitectura de la mente humana. De acuerdo con un punto de vista, la mente humana es un "solucionador de problemas de propósito general". Esto significa que la mente contiene un conjunto de habilidades para resolver problemas, o "inteligencia general", que se aplica a una cantidad indefinida de tareas diferentes. De esta manera, se emplea el mismo conjunto de capacidades cognitivas para contar canicas, decidir a qué restaurante ir a comer o aprender una lengua extranjera; tareas que representan diferentes aplicaciones de la inteligencia general humana. De acuerdo con un punto de vista opuesto, la mente humana contiene un sinnúmero de subsistemas

especializados o módulos, cada uno de los cuales está diseñado para realizar una gama muy limitada de tareas y nada más (figura 16). Esto se conoce como hipótesis de la *modularidad de la mente*. Así, por ejemplo, existe la creencia generalizada de que hay un módulo especial para la adquisición del lenguaje, idea derivada del trabajo del lingüista Noam Chomsky. Éste insistía en que un niño no aprende a hablar escuchando las conversaciones de los adultos y luego usando su "inteligencia general" para captar las reglas del idioma en cuestión; más bien, en todos los niños existe un "dispositivo de adquisición del lenguaje" que funciona en forma automática y cuya única función es permitir el aprendizaje de un idioma en un tiempo apropiado. Chomsky presentó impresionantes evidencias para apoyar este planteamiento —incluyendo, por ejemplo, el hecho de que incluso quienes tienen una "inteligencia general" muy baja pueden aprender a hablar a la perfección.

Una parte de la evidencia más contundente en relación con la hipótesis de la modularidad proviene de estudios de pacientes con daño cerebral, conocidos como "estudios de déficit". Si la mente humana es un solucionador de problemas de propósito general, se podría esperar que el daño al cerebro afectara todas las capacidades cognitivas más o menos con la misma gravedad. Sin embargo, no fue eso lo que se encontró. Por el contrario, el daño cerebral a menudo deteriora algunas capacidades cognitivas, pero deja incólumes otras. Por ejemplo, el daño a una zona del cerebro denominada área de Wernicke incapacita a los pacientes para comprender el lenguaje, si bien pueden producir fluidas oraciones gramaticales. Esto refuerza de una manera muy sólida la

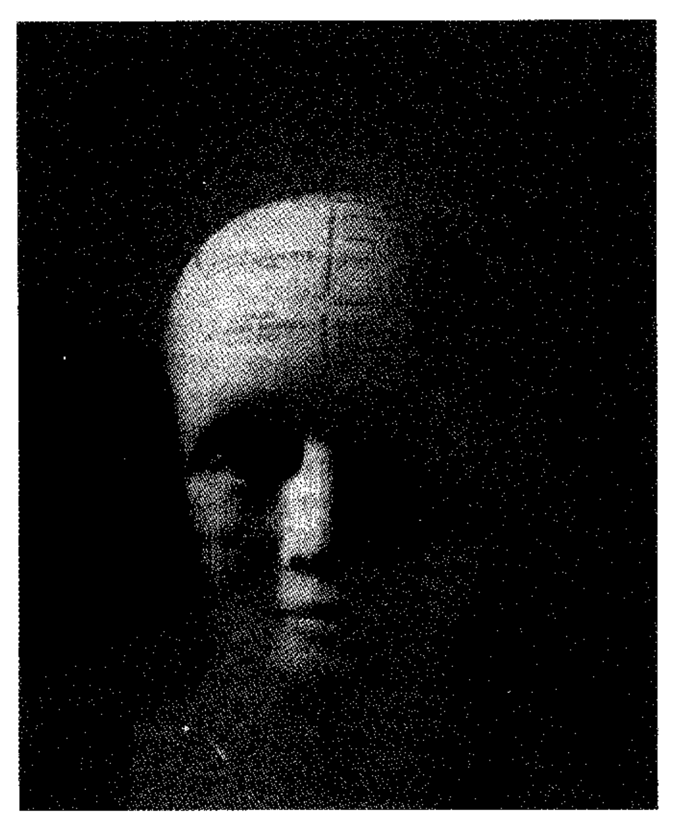


Figura 16. Representación hipotética de una mente modular.

idea de que hay módulos separados para la producción y para la comprensión de oraciones, lo cual explicaría por qué la pérdida de esta última capacidad no conlleva la pérdida de la primera. Otros pacientes con daño cerebral pierden la memoria de largo plazo (amnesia), pero su memoria de corto plazo y su capacidad para hablar

y entender se encuentran en perfectas condiciones. De nuevo, esto habla a favor de la modularidad y en contra de la visión de la mente como un solucionador de problemas de propósito general.

La evidencia neuropsicológica de esta clase, aunque sólida, no brinda una solución definitiva al problema de la modularidad. En principio, esta evidencia no es muy abundante; resulta por demás obvio que no podemos dañar cerebros humanos sólo para ver qué capacidades cognitivas resultan afectadas. Además, hay serios desacuerdos acerca de cómo deben interpretarse los datos, como es usual en ciencia. Algunos argumentan que el patrón de deterioro cognitivo observado en pacientes con daño cerebral no implica que la mente sea modular. También afirman que incluso si la mente fuera un solucionador de problemas de propósito general, es decir, no modular, aun así sería posible que las distintas capacidades cognitivas se vieran afectadas en diferentes niveles por el daño al cerebro. Según esto, no es posible desentrañar la arquitectura de la mente a partir de los estudios de déficit; en el mejor de los casos, este último argumento proporciona una frágil evidencia al primero.

En buena medida, el reciente interés en la modularidad se debe al trabajo de Jerry Fodor, un influyente filósofo y psicólogo estadunidense. En 1983, Fodor publicó un libro titulado *The Modularity of Mind* (*La modularidad de la mente*), que contenía una descripción muy diáfana de lo que es exactamente un módulo, así como algunas hipótesis interesantes acerca de cuáles capacidades cognitivas son modulares y cuáles no lo son. Fodor argumentaba que los módulos mentales tienen diversas características distintivas, de las cuales las tres

siguientes son las más importantes: (i) son *específicas de un dominio*, (ii) su operación es *forzosa* y (iii) *encapsulan información*. Los sistemas cognitivos no modulares carecen de todas estas características. Fodor afirmaba entonces que la mente humana es modular en parte, no en su totalidad: resolvemos algunas tareas cognitivas usando módulos especiales y otras recurriendo a nuestra "inteligencia general".

Afirmar que un sistema cognitivo es específico de un dominio significa que es especializado: realiza un conjunto limitado, circunscrito, de tareas. El planteamiento de Chomsky del "dispositivo de adquisición del lenguaje" es un buen ejemplo de sistema específico de un dominio. La única función de este dispositivo es capacitar al niño para aprender una lengua, pero no lo ayuda a aprender a jugar ajedrez, a contar o a hacer alguna otra cosa. De esta manera, el dispositivo simplemente ignora los aspectos no lingüísticos. Decir que un sistema cognitivo es forzoso es decir que no podemos elegir si ponemos o no el sistema en operación. La percepción del lenguaje proporciona un buen ejemplo. Si se escucha una oración pronunciada en una lengua conocida, no se puede oír de otra manera que como una oración. Si alguien pide escuchar la oración como "ruido puro" no se le podría obedecer aunque se deseara. Fodor señala que no todos los procesos cognitivos son forzosos en estos términos. *Pensar* con claridad no lo es. Si alguien nos pidiera recordar el momento más atemorizante de nuestra vida, o que pensáramos en lo que haríamos si ganáramos la lotería, podríamos obedecer sin ninguna objeción esas instrucciones. Así que el pensamiento y la percepción del lenguaje son muy diferentes en este sentido.

¿Qué ocurre con el encapsulamiento de la información, la tercera y más crítica característica de los módulos mentales? Esta noción se ilustra mejor con un ejemplo. Véanse las dos líneas de la figura 17.

Para la mayoría de la gente, la línea superior parece ligeramente más larga que la inferior. Pero en realidad se trata de una ilusión óptica, conocida como ilusión de Müller-Lyer. Las líneas tienen la misma longitud. Se han propuesto varias explicaciones para esta ilusión, pero no vamos a considerarlas aquí. El punto crucial es éste: las líneas continúan viéndose desiguales en su longitud *aun cuando ya se sepa que es una ilusión óptica.* Según Fodor, este simple hecho tiene importantes implicaciones para entender la arquitectura de la mente, pues muestra que la información de que las dos líneas son iguales se almacena en una región de la mente cognitiva a la cual no tienen acceso nuestros mecanismos de percepción. Esto significa que tales mecanismos están encapsulados desde el punto de vista de la información y no tienen acceso a toda la información que poseemos. Si la percepción visual no tuviera este rasgo, y se pudiera hacer uso de toda la información almacenada en la mente, entonces la ilusión

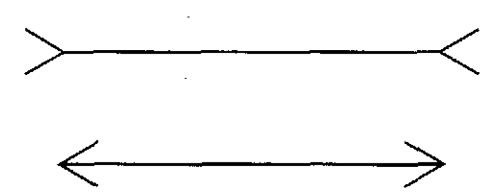


Figura 17. La ilusión de Müller-Lyer. Las líneas horizontales tienen la misma longitud, pero la de arriba parece más larga.

desaparecería tan pronto como nos dijeran que las líneas en realidad tienen la misma longitud.

Otro posible ejemplo de un posible encapsulamiento de la información proviene del fenómeno de las fobias humanas. Tómese, por ejemplo, la ofidiofobia o temor a las serpientes. Esta fobia está muy extendida entre los seres humanos y también en muchas otras especies de primates. Esto se puede entender con facilidad porque las serpientes son muy peligrosas para los primates, así que el miedo instintivo a estos animales pudo haber evolucionado por selección natural. Sin embargo, cualquiera que sea la explicación de por qué le tememos tanto a las serpientes, el punto crucial es éste: aun si supiéramos que una serpiente en particular no es venenosa, digamos que porque se le retiraron las glándulas respectivas, lo más seguro es que estemos aterrorizados y no deseemos tocarla. Por supuesto, este tipo de fobia puede superarse con entrenamiento, pero ése es otro asunto. El punto relevante es que la información de que la serpiente no es venenosa es inaccesible para la parte de la mente que produce la reacción de temor cuando se está ante una. Esto sugiere que puede haber en todos los seres humanos un módulo de "miedo a las serpientes" con información encapsulada.

Tal vez nos preguntemos por qué el tema de la modularidad de la mente es filosófico. ¿Se trata sólo de un hecho empírico si la mente es modular o no, aunque no sea algo fácil de responder? En realidad este planteamiento no es muy correcto. Un aspecto filosófico del debate de la modularidad se refiere a cómo debemos contar las tareas cognitivas y los módulos. Los defensores de la modularidad sostienen que la mente contiene módulos

especializados para realizar distintos tipos de tareas cognitivas; los opositores de la modularidad lo niegan. Sin embargo, ¿cómo decidir si dos tareas son del mismo tipo o son diferentes? ¿Es el reconocimiento facial una tarea cognitiva única o está compuesta por dos tareas cognitivas: reconocer los rostros masculinos por una parte y los rostros femeninos por la otra? ¿Hacer una larga división y resolver una multiplicación son tareas cognitivas distintas o son parte de una más general, la de hacer aritmética? Preguntas de esta clase son conceptuales o filosóficas, más que directamente empíricas, y son fundamentales en el debate sobre la modularidad. Supóngase que un oponente a la modularidad genera cierta evidencia experimental para demostrar que usamos uno y el mismo conjunto de capacidades cognitivas para llevar a cabo muchos tipos de tareas cognitivas. Su adversario podría aceptar los datos experimentales, pero argumentar que las tareas cognitivas en cuestión son todas del *mismo* tipo, y por lo tanto los datos resultarían del todo compatibles con la modularidad. Así que, salvo apariencias en contrario, el debate sobre la modularidad de la mente está impregnado de temas filosóficos.

Los defensores más entusiastas de la modularidad creen que la mente está compuesta en su totalidad por módulos, pero esta idea no es muy aceptada. El mismo Fodor afirma que tal vez la percepción y el lenguaje sean modulares, pero es casi seguro que el pensamiento y el razonamiento no lo son. Para ver por qué no, suponga que es parte de un jurado y trata de decidir un veredicto de culpable o de inocente. ¿Cómo realizaría esta tarea? ¿Un aspecto importante que consideraría es si la historia del acusado tiene una consistencia lógica o no, y si está

libre de contradicciones? ¿O tal vez se preguntaría si la evidencia disponible es compatible con la culpabilidad del acusado o si le proporciona un apoyo firme? Está claro que las habilidades de razonamiento que se aplican aquí son: probar la consistencia lógica y evaluar la evidencia, es decir, habilidades *generales* que no están específicamente diseñadas para usarse en un jurado. Estas mismas habilidades se utilizan en muchos dominios. En consecuencia, las capacidades cognitivas que se despliegan en la deliberación sobre la culpa del acusado no son específicas de un dominio ni su operación es forzosa; se tiene que considerar de manera consciente si el acusado es culpable, y poder dejar de hacer eso cuando se desee, por ejemplo, durante el tiempo para comer. Aquí lo más importante es que tampoco hay encapsulamiento de la información. La tarea es decidir si el acusado es culpable *considerando todos los elementos*, así que tal vez sea necesario revisar la información que se posee. Por ejemplo, si el acusado se muestra nervioso durante el interrogatorio y usted cree que ese nerviosismo sin duda alguna es signo de culpabilidad, es probable que base su veredicto en esta creencia. Es decir, no hay almacenamiento de información que sea inaccesible a los mecanismos cognitivos empleados para determinar el veredicto (aunque el juez le pida que no haga caso de ciertas cosas). En resumen, no hay módulo para decir si un acusado es culpable. Este problema cognitivo se aborda usando la "inteligencia general".

La tesis de Fodor de que la mente es modular en parte, pero no en su totalidad, parece muy posible. Sin embargo, cuántos módulos hay y qué hacen con exactitud son cuestiones que no pueden responderse en el estado actual de la investigación. El mismo Fodor es muy

pesimista respecto a la posibilidad de que la psicología cognitiva alguna vez explique el funcionamiento de la mente humana. Él considera que sólo los sistemas modulares pueden estudiarse de una manera científica; los sistemas no modulares, como no tienen información encapsulada, son mucho más difíciles de representar. Así, de acuerdo con Fodor, la mejor estrategia de investigación para los psicólogos cognitivos es centrarse en la percepción y el lenguaje, ignorando el pensamiento y el razonamiento. Sin embargo, este aspecto del pensamiento de Fodor es muy controversial. No todos los psicólogos están de acuerdo con él acerca de qué partes de la mente son modulares y cuáles no lo son, y menos están de acuerdo en que sólo los sistemas modulares pueden ser estudiados por la ciencia.

7. LA CIENCIA Y SUS CRÍTICOS

Mucha gente da por hecho que la ciencia es algo bueno, por obvias razones. Después de todo nos ha dado electricidad, agua potable segura, penicilina, anticoncepción, viajes aéreos y mucho más, en beneficio de la humanidad. Sin embargo, a pesar de esas impresionantes contribuciones al bienestar humano, la ciencia no está exenta de crítica. Algunos de quienes ejercen esta crítica argumentan que la sociedad gasta demasiado dinero en ciencia a expensas de las artes; otros sostienen

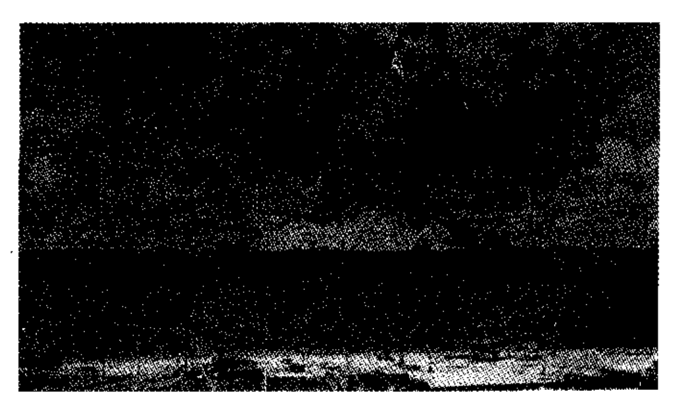


Figura 18. Capacidades científicas sin las cuales viviríamos mejor: nube tóxica en forma de hongo producida por una explosión atómica.

que la ciencia nos ha dado capacidades tecnológicas sin las cuales viviríamos mejor, como la posibilidad de producir armas de destrucción masiva (figura 18). Ciertas feministas afirman que la ciencia es objetable porque está sesgada hacia lo masculino; quienes se inclinan a lo religioso con frecuencia sienten que la ciencia amenaza su fe; y los antropólogos acusan a la ciencia occidental de arrogante basándose en que ésta asume alegremente su superioridad respecto al conocimiento y las creencias de las culturas indígenas alrededor del mundo. Esto de ninguna manera agota la lista de críticas contra la ciencia; sin embargo, en este capítulo concentraremos nuestra atención en tres que tienen un particular interés filosófico.

Cientismo

Las palabras "ciencia" y "científico" han adquirido un peculiar *glamour* en estos tiempos modernos. Si alguien lo acusa de comportarse en una forma "acientífica", esto quiere decir, casi con toda seguridad, que lo está criticando. La conducta científica es sensible, racional y loable; la conducta acientífica es absurda, irracional y carente de contenido. Es difícil saber por qué la etiqueta "científico" adquirió esas connotaciones, pero es probable que tenga algo que ver con el elevado estatus de la ciencia en la sociedad moderna. Es común que se trate a los científicos como expertos cuyas opiniones son buscadas con regularidad en materias de importancia y aceptadas sin cuestionar por las mayorías. Por supuesto, todos reconocemos que los científicos en ocasiones se equivocan —por ejemplo, los consejeros científicos del gobierno británico

en la década de 1990 declararon que la "enfermedad de las vacas locas" no representaba una amenaza para los seres humanos, error que se comprobó de manera trágica. Pero los sobresaltos ocasionales de este tipo no sacuden la fe que el público pone en la ciencia, ni la estima hacia los científicos. Por lo menos en Occidente, los científicos son vistos casi como líderes religiosos, es decir, como poseedores de un conocimiento especializado que es inaccesible para los legos.

"Cientismo" es una etiqueta peyorativa usada por algunos filósofos para describir lo que ven como el culto a la ciencia, es decir, las actitudes de excesiva reverencia hacia la ciencia que se observan en muchos círculos intelectuales. Los opositores del cientismo argumentan que la ciencia no es la única forma válida de empresa intelectual ni la ruta por excelencia al conocimiento. A menudo destacan que no son anticientíficos *per se*; a lo que se oponen es al estatus de privilegio asignado a la ciencia —sobre todo a las ciencias naturales— en la sociedad moderna, y a la suposición de que los métodos de la ciencia son por fuerza aplicables a cualquier materia. De esta manera, su propósito no es atacar a la ciencia, sino darle el lugar que le corresponde —mostrar que la ciencia es sólo una entre iguales, y liberar otras disciplinas de la tiranía que ejerce sobre ellas.

El cientismo es, por supuesto, una doctrina muy vaga, y como el término tiene que ver con el abuso, casi nadie admite creer en él. No obstante, en el panorama intelectual existe algo muy semejante al culto a la ciencia. Esto no es por fuerza negativo; tal vez la ciencia merece ser reverenciada. Y es un fenómeno real; un campo que a menudo recibe acusaciones de culto a la ciencia es la

filosofía angloestadunidense contemporánea (de la cual la filosofía de la ciencia es una rama). Por tradición, la filosofía es reconocida como una materia humanística a pesar de sus estrechos vínculos históricos con las matemáticas y la ciencia, así como con el razonamiento. Entre los temas propios de la filosofía se incluye la naturaleza del conocimiento, de la moralidad, de la racionalidad, del bienestar humano, ninguno de los cuales parece tener solución a través de los métodos científicos. Ninguna rama de la ciencia nos dice cómo debemos vivir la vida, qué es el conocimiento o que implica la felicidad humana; éstas son cuestiones filosóficas quintaesenciadas.

A pesar de la aparente imposibilidad de responder preguntas filosóficas a través de la ciencia, no pocos filósofos contemporáneos creen que ésta es la única ruta legítima al conocimiento. Ellos sostienen que las interrogantes que no pueden resolverse por medios científicos no son genuinas. Este punto de vista suele asociarse con el finado Willard van Orman Quine, el filósofo estadunidense más importante del siglo XX. Su fundamento es una doctrina llamada "naturalismo", que hace énfasis en que los seres humanos somos parte del mundo natural, no algo separado de él, como alguna vez se creyó. Debido a que la ciencia estudia la totalidad del mundo natural, ¿debe ser capaz de revelar la verdad completa acerca de la condición humana, sin dejar nada a la filosofía? Los seguidores de esta noción agregan que, sin duda, la ciencia avanza, mientras que, a lo largo de los siglos, la filosofía parece estar enfrascada en discutir las mismas cuestiones. Para esta concepción no existe el conocimiento filosófico, porque todo conocimiento es científico. Si hay un papel para la filosofía, éste es el de "clarificar los

conceptos científicos", es decir, limpiar para que los científicos puedan continuar con su trabajo.

No es de sorprender que muchos filósofos rechacen esta subordinación de su disciplina a la ciencia, actitud que constituye una de las principales fuentes de oposición al cientismo. Ellos argumentan que la investigación filosófica revela verdades acerca de un reino que la ciencia no puede tocar. No es posible resolver las preguntas filosóficas por medios científicos, pero eso no es lo peor: la ciencia no es el único camino a la verdad. Los defensores de esta visión admiten que la filosofía puede considerarse *consistente* con las ciencias en el sentido de que no hace planteamientos que se opongan a lo que enseña la ciencia. Y admiten que las ciencias merecen ser tratadas con gran respeto. Lo que rechazan es el imperialismo científico, es decir, la idea de que la ciencia es capaz de responder todas las preguntas importantes acerca del ser humano y de su lugar en la naturaleza. Los defensores de esta posición suelen considerarse también naturalistas, pues no comulgan con la idea de que los seres humanos se encuentran fuera del orden natural y, por lo tanto, exentos de la mirada de la ciencia. Aceptan que somos otra especie biológica, y que nuestros cuerpos finalmente están compuestos de partículas físicas, como todo en el universo. Sin embargo, niegan que esto implique que los métodos científicos pueden abordar de modo apropiado cualquier tema de interés.

Un problema similar surge en lo que respecta a la relación entre las ciencias naturales y las ciencias sociales. Así como los filósofos a veces se quejan del "culto a la ciencia" en su disciplina, así los científicos sociales en ocasiones se molestan por el "culto a las ciencias natura-

les" en la suya. No niegan que las ciencias naturales —física, química, biología, etcétera. — están más avanzadas que las ciencias sociales —economía, sociología, antropología, etcétera. Mucha gente se pregunta por qué esto es así. Difícilmente podría ser porque los científicos naturales son más inteligentes que los científicos sociales. Una posible respuesta es que los *métodos* de las ciencias naturales son superiores a los de las ciencias sociales. Si esto es correcto, entonces lo que necesitan las ciencias sociales es adoptar los métodos de las ciencias naturales. Y hasta cierto grado, eso es lo que está ocurriendo. El uso creciente de las matemáticas en las ciencias sociales puede ser, en parte, un resultado de esta actitud. Los físicos dieron un gran paso adelante cuando Galileo aplicó el lenguaje matemático a la descripción del movimiento, de modo que es tentador pensar que podría darse un paso de esa misma magnitud en las ciencias sociales si pudiera encontrarse una forma comparable de "matematizar" su objeto de estudio.

Sin embargo, algunos científicos sociales se resisten a aceptar la sugerencia de acercarse a las ciencias naturales, así como algunos filósofos rechazan con firmeza la idea de ver a la ciencia como un todo. Los primeros argumentan que los métodos de las ciencias naturales no son muy apropiados para el estudio de los fenómenos sociales. ¿Por qué las mismas técnicas que son útiles a la astronomía, por ejemplo, serían también útiles para estudiar a las sociedades? Quienes sostienen esta idea niegan que el mayor avance de las ciencias naturales sea atribuible a sus métodos particulares de investigación, y en consecuencia no ven razón para extender esos métodos a las ciencias sociales. A menudo señalan que las ciencias sociales son

más recientes que las naturales, y que la complejidad de los fenómenos que se presentan en las sociedades dificulta el éxito en las ciencias sociales.

Ni la cuestión del cientismo ni el tema paralelo de las ciencias naturales y las sociales son fáciles de resolver. Esto se debe a que no está claro qué implican en realidad los "métodos de la ciencia" o los "métodos de las ciencias naturales", un punto a menudo soslayado por las partes durante el debate. Para determinar si los métodos de las ciencias son aplicables a cualquier materia, o si son capaces de responder todas las preguntas importantes, es obvio que necesitamos saber con exactitud qué *son* esos métodos. Pero como hemos visto en capítulos anteriores, la cuestión no es tan sencilla como parece. Ciertamente, conocemos algunas de las principales características de la investigación científica: inducción, prueba experimental, observación, elaboración de la teoría, inferencia a la mejor explicación, etcétera. Sin embargo, esta lista no proporciona una definición precisa del "método científico", ni está claro si es *posible* proporcionar una definición semejante. La ciencia cambia en forma notable con el paso del tiempo, de modo que la suposición de que existe un "método científico" inmutable empleado por todas las disciplinas científicas, en todas las épocas, está lejos de ser inevitable. Sin embargo, este supuesto se encuentra implícito tanto en la posición de que la ciencia es un camino verdadero al conocimiento *como* en la afirmación en contrario de que algunas preguntas no pueden responderse a través de los métodos científicos. Esto sugiere que, por lo menos hasta cierto grado, el debate acerca del cientismo puede estar basado en un falso supuesto.

Ciencia y religión

La tensión entre la ciencia y la religión es añeja y está bien documentada. Quizá el ejemplo más conocido es el conflicto entre Galileo y la Iglesia católica. En 1633 la Inquisición forzó a Galileo a retractarse de sus ideas copernicanas, y lo condenó a pasar los últimos años de su vida bajo arresto domiciliario en Florencia. Por supuesto, la Iglesia objetaba la teoría copernicana porque se contraponía a las Sagradas Escrituras. En épocas recientes, el choque más fuerte entre la ciencia y la religión fue la agria disputa entre darwinistas y creacionistas en Estados Unidos, que abordaremos aquí.

La oposición teológica a la teoría de la evolución de Darwin no es nueva. Cuando se publicó *El origen de las especies* en 1859, de inmediato se desataron las críticas de los eclesiásticos en Inglaterra. La razón era obvia: la teoría de Darwin sostiene que todas las especies actuales, incluidos los seres humanos, han descendido de ancestros comunes durante un largo periodo. Esta teoría contradice claramente el libro del Génesis, donde se afirma que Dios creó a todas las criaturas vivientes en seis días. Así que la elección es complicada: o se cree en Darwin o se cree en la Biblia, pero no en ambos. No obstante, muchos darwinianos comprometidos —incluyendo a muchos biólogos connotados— han encontrado múltiples formas de conciliar su fe cristiana con su creencia en la evolución. Una forma es simplemente no pensar demasiado en esta contraposición. Otra, que constituye una actitud más honesta en términos intelectuales, es argumentar que el libro del Génesis no debe interpretarse de manera literal, sino considerarse alegórico o simbólico. Porque después

de todo, la teoría de Darwin es muy compatible con la existencia de Dios y con muchos dogmas del cristianismo. Es sólo la verdad literal de la historia bíblica sobre la creación lo que descarta el darwinismo. En consecuencia, una versión atenuada del cristianismo puede ser compatible con las ideas de Darwin.

Sin embargo, en Estados Unidos, sobre todo en los estados del sur, muchos protestantes evangélicos no están dispuestos a vincular sus creencias religiosas con los hallazgos científicos. Ellos insisten en que el relato bíblico de la creación es literalmente verdadero y que, por lo tanto, la teoría de Darwin está por completo equivocada. Esta opinión se conoce como "creacionismo" y es aceptada por alrededor del 40 por ciento de la población adulta de Estados Unidos, una proporción mucho mayor que en Gran Bretaña y Europa. El creacionismo es una poderosa fuerza política y ha ejercido una considerable influencia en la enseñanza de la biología en las escuelas estadunidenses, para consternación de los científicos. En la famosa "prueba del mono" de la década de 1920, un maestro de escuela de Tennessee fue acusado de enseñar la teoría de la evolución a sus alumnos, violando así una ley estatal. (Esta ley fue derogada por la Suprema Corte en 1967.) En parte por la prueba del mono, durante décadas el tema de la evolución se omitió del currículo de biología en las escuelas de enseñanza media de Estados Unidos. Varias generaciones de estadunidenses crecieron sin saber nada de Darwin.

Esta situación comenzó a cambiar en la década de 1960, enviando un poco de aire fresco a las batallas entre creacionistas y darwinistas, y dando origen al movimiento llamado "ciencia de la creación". Los creacionistas

quieren que los estudiantes de bachillerato aprendan la historia bíblica de la creación exactamente como aparece en el libro del Génesis. Sin embargo, la Constitución de Estados Unidos prohíbe la enseñanza de religión en escuelas públicas. Para darle la vuelta a esta disposición, se ideó el concepto de ciencia de la creación. Sus inventores afirmaban que la descripción bíblica de la creación proporciona una mejor explicación científica de la vida en la Tierra que la teoría de la evolución de Darwin. De esta manera, enseñar la creación bíblica no viola la prohibición constitucional ¡porque se toma como ciencia, no como religión! A lo largo del Sur Profundo se exigía la enseñanza de la ciencia de la creación en las clases de biología, y en múltiples ocasiones dicha demanda fue aceptada. En 1981 el estado de Arkansas emitió una ley que pedía a los maestros de biología dar "el mismo tiempo" a la evolución que a la ciencia de la creación, y otros estados lo imitaron. Si bien la ley de Arkansas fue declarada inconstitucional por un juez federal en 1982, la petición de "el mismo tiempo" continúa escuchándose hasta nuestros días. A menudo se le presenta como un arreglo justo: enfrentados a dos creencias conflictivas, ¿qué puede ser más justo que dar el mismo tiempo a las dos? Las encuestas de opinión muestran que una abrumadora mayoría de estadunidenses adultos está de acuerdo: desean que la ciencia de la creación se enseñe junto con la teoría de la evolución en las escuelas públicas.

Sin embargo, casi todos los profesionales de la biología consideran que la ciencia de la creación es un engaño, un deshonesto y equívoco intento de promover las creencias religiosas bajo el membrete de ciencia, con consecuencias educativas en extremo dañinas. Para con-

trarrestar esta oposición, los partidarios de la ciencia de la creación han hecho grandes esfuerzos para socavar el darwinismo. Argumentan que la evidencia del darwinismo no es concluyente, de modo que no estamos frente a un hecho establecido, sino frente a una mera teoría. Además, han aprovechado diversas disputas entre los propios darwinistas y recogido algunas opiniones individuales en un intento por mostrar que el desacuerdo con la teoría de la evolución es respetable desde el punto de vista científico. Y concluyen que como el darwinismo es "sólo una teoría", los estudiantes deben aprender también otras teorías —como la creacionista, que dice que Dios hizo el mundo en seis días.

En cierta forma, los creacionistas están en lo correcto cuando afirman que el darwinismo es "sólo una teoría" y no un hecho probado. Como vimos en el capítulo 2, es imposible *probar* que una teoría científica es verdadera, en el estricto sentido de comprobación, porque la inferencia de los datos a la teoría siempre es no deductiva. Sin embargo, éste es un punto general y no tiene nada que ver con la teoría de la evolución *per se*. En esa misma tónica, podríamos argumentar que es "sólo una teoría" que la Tierra gira alrededor del sol, que el agua está hecha de H_2O, o que los objetos sin apoyo tienden a caer, de modo que tendrían que presentarse alternativas de cada una de estas teorías a los estudiantes. Sin embargo, los creacionistas se cuidan de alinearse con esta posición. No son escépticos acerca de la ciencia como un todo, sino con respecto a la teoría de la evolución en particular. Pero para que su posición sea defendible, no sólo debe basarse en la afirmación de que nuestros datos no garantizan la veracidad de la teoría de Darwin. Lo mismo

es válido para toda teoría científica y también para cualquier creencia basada en el sentido común.

Para ser justos con los partidarios de la ciencia de la creación, habrá que decir que ofrecen argumentos específicos para la teoría de la evolución. Uno de sus argumentos favoritos es que el registro fósil tiene grandes lagunas, en particular cuando se trata de los supuestos ancestros del *Homo sapiens*. Hay algo de cierto en este señalamiento. Los evolucionistas han incrementado estas lagunas en el registro fósil. Una confusión persistente es por qué hay tan pocos "fósiles de transición", es decir, fósiles de criaturas intermedias entre dos especies. Si las especies posteriores evolucionaron de las anteriores, como postula la teoría de Darwin, se esperaría que los fósiles de transición fueran muy comunes. Los creacionistas aprovechan misterios de este tipo para demostrar que las ideas darwininanas son erróneas. Sin embargo, los argumentos creacionistas no son contundentes a pesar de las dificultades reales para entender el registro fósil. Los fósiles no son la única o la principal fuente de evidencia de la teoría de la evolución, como lo sabrían los creacionistas si leyeran *El origen de las especies*. La anatomía comparativa es otra importante fuente de evidencia, al igual que la embriología, la biogeografía y la genética. Considérese, por ejemplo, el hecho de que los seres humanos y los chimpancés comparten 98% de su ADN. Éste y miles de hechos similares adquieren un perfecto sentido si la teoría de la evolución es verdadera, y constituyen entonces una excelente evidencia para la teoría. Por supuesto, los seguidores de la ciencia de la creación pueden explicar también esos hechos. Replican que Dios decidió hacer a los seres humanos y a los chimpancés genéticamente parecidos por

razones que sólo él sabe. Sin embargo, la posibilidad de dar "explicaciones" de esta clase sólo apunta al hecho de que la teoría de Darwin no está lógicamente apoyada en los datos. Como hemos visto, lo mismo es cierto para toda teoría científica. Los creacionistas sólo han destacado el punto metodológico general de que los datos siempre pueden explicarse de mil maneras. Esto es verdad, pero no dice nada especial acerca del darwinismo.

Aunque la argumentación de los adherentes a la ciencia de la creación carece de solidez, la controversia con los darwinistas ha dado lugar a importantes preguntas con respecto a la educación científica. ¿Cómo debe tratarse el conflicto entre ciencia y fe en un sistema educativo secular? ¿Quién debe determinar el contenido de las clases de ciencia en secundaria y preparatoria? ¿Tienen los contribuyentes algo qué decir respecto a lo que se enseña en las escuelas pagadas por ellos? ¿Debe el Estado ignorar a los padres que no quieren que sus hijos aprendan la teoría de la evolución, o algún otro tema científico? Asuntos de política pública como éstos por lo general no generan mucho comentario, pero el choque entre darwinistas y creacionistas los ha puesto sobre la mesa.

¿Carece la ciencia de valor?

Existe un acuerdo generalizado en cuanto a que el conocimiento científico, en ocasiones, se ha utilizado con fines poco éticos, como la fabricación de armas nucleares, biológicas y químicas. Sin embargo, estos casos no demuestran que haya algo éticamente objetable respecto al conocimiento científico en sí mismo. Es el *uso* de ese conocimiento lo que lo vuelve no ético. De hecho,

los filósofos dirían que no tiene sentido hablar de ciencia o conocimiento científico como ético o no ético *per se*. La ciencia se ocupa de hechos, y éstos por sí mismos no tienen un significado ético. Es lo que hacemos con ellos, lo que es correcto o equívoco, moral o inmoral. De acuerdo con esta visión, la ciencia es esencialmente una actividad *sin valor*; su labor es sólo proporcionar información acerca del mundo. Lo que la sociedad elija hacer con esa información es otro asunto.

No todos los filósofos aceptan esta imagen de la ciencia como neutral con respecto al valor, ni la dicotomía hecho subyacente/valor en el que descansa. Algunos argumentan que el ideal de neutralidad de valor es inalcanzable; la investigación científica se inclina de manera invariable hacia los juicios de valor. (Esto es análogo al planteamiento de que toda observación se inclina hacia la teoría, el cual se examinó en el capítulo 4. En realidad, los dos planteamientos a menudo coinciden.) Un argumento contra la idea de que la ciencia carece de valor se basa en el hecho obvio de que los científicos deben elegir qué estudiar; no se puede examinar todo al mismo tiempo. Así que tendrá que ponderarse la importancia relativa de los diferentes objetos de estudio posibles, haciendo para ello juicios que en cierto sentido son de valor. Otro argumento se fundamenta en un hecho que a estas alturas ya nos es familiar: cualquier conjunto de datos puede, en principio, explicarse en más de una forma. En consecuencia, la elección de una teoría por parte de un científico nunca estará determinada sólo por sus datos. Algunos filósofos aprovechan esto para demostrar que los valores intervienen, de manera inevitable, en esa elección y por lo tanto la ciencia no puede carecer de valor. Un tercer

argumento es que el conocimiento científico no puede divorciarse de sus posibles aplicaciones, como lo exigiría la neutralidad de valor. Desde este punto de vista es ingenuo concebir a los científicos haciendo investigación en una forma desinteresada, sin pensar en las aplicaciones prácticas. El hecho de que una buena parte de la investigación científica esté financiada por empresas privadas, que por supuesto obedecen a intereses comerciales, le da cierta credibilidad a este comentario.

Aunque interesantes, estos argumentos son un tanto abstractos; pretenden mostrar que la ciencia no puede estar libre de valor como asunto de principio, más que identificar casos reales de valores que se inmiscuyen en la ciencia. Sin embargo, también se han hecho acusaciones específicas de inclinación hacia el valor. Uno de estos casos tiene que ver con la disciplina denominada sociobiología humana, que generó una considerable controversia en las décadas de 1970 y 1980. La sociobiología humana es un intento de aplicar principios de la teoría darwiniana al comportamiento humano, y en primera instancia este proyecto suena muy razonable. Se basa en el supuesto de que los seres humanos somos simplemente otra especie animal, y los biólogos coinciden en que la teoría de Darwin puede dar muchas explicaciones del comportamiento humano. Por ejemplo, hay una explicación darwiniana obvia de por qué los ratones escapan cuando ven a un gato. En el pasado, los ratones que no se comportaban de esa manera tendían a dejar menos descendencia que los que sí lo hacían, porque eran devorados; suponiendo que el comportamiento se basaba en un aspecto genético, y por tanto transmitido de padres a hijos, después de muchas generaciones tal comportamiento se habría ex-

tendido hacia toda la población. Es por esta razón que los ratones hasta la fecha huyen de los gatos. Las explicaciones de este tipo se conocen como "darwinianas" o "adaptacionistas".

Los sociobiólogos humanos (de aquí en adelante sólo "sociobiólogos") piensan que muchos rasgos de comportamiento en los seres humanos pueden explicarse desde el punto de vista adaptacionista. Uno de sus ejemplos favoritos es el de evitar el incesto. El incesto —relaciones sexuales entre miembros de la misma familia— se considera tabú en casi todas las sociedades humanas y está sujeto a sanciones legales y morales en la mayoría de ellas. Este hecho es muy sorprendente, dado que las costumbres sexuales son muy diversas en las distintas sociedades humanas. Entonces, ¿por qué se prohíbe el incesto? Los sociobiólogos ofrecen la siguiente explicación: los niños que nacen de relaciones incestuosas suelen tener graves defectos genéticos. Por ello, en el pasado quienes practicaban el incesto tenían menos probabilidades de dejar una descendencia viable que quienes no lo practicaban. Suponiendo que el comportamiento de evitar el incesto tuviera una base genética, y por lo tanto transmitida de padres a hijos, después de muchas generaciones ese comportamiento se habría extendido a toda la población. Esto explica por qué el incesto es tan raro en las sociedades humanas actuales.

Es comprensible que muchas personas se sientan incómodas con una explicación de este tipo. En efecto, los sociobiólogos dicen que estamos genéticamente preprogramados para evitar el incesto. Esto entra en conflicto con la visión del sentido común de que evitamos el incesto porque se nos ha enseñado que no es correcto,

es decir, que nuestro comportamiento tiene una explicación cultural más que biológica. Y ese comportamiento de evitar el incesto es en realidad uno de los ejemplos menos controvertidos. Otras conductas para las cuales los adaptacionistas ofrecen explicaciones son la violación, la agresión, la xenofobia y la promiscuidad masculina. En cada uno de estos casos, el argumento es el mismo: los individuos que tienen esos comportamientos generan individuos que no los tienen, y como el comportamiento se basa en la genética, es transmitido de padres a hijos. Por supuesto, no todos los seres humanos son agresivos, xenofóbicos o violadores. Sin embargo, esto no demuestra que los sociobiólogos estén equivocados. Su argumentación sólo plantea que esos comportamientos tienen un componente genético, es decir, que hay un gen o genes que incrementan la posibilidad de que sus portadores exhiban esos comportamientos. Esto es mucho menos sólido que decir que los comportamientos están totalmente determinados por la genética, lo cual es casi una falsedad. En otras palabras, la sociobiología pretende explicar por qué hay una *disposición* en los seres humanos a ser agresivos, xenofóbicos y violadores, aun cuando esa disposición no se manifieste con frecuencia. Por lo tanto, el hecho de que la agresión, la xenofobia y la violación ocurran (por fortuna) como excepción no constituye una prueba relevante de que los sociobiólogos estén equivocados.

La sociobiología atrajo fuertes críticas de un amplio espectro de investigadores. Algunas de ellas eran rigurosamente científicas y señalaban que las hipótesis de la sociobiología eran muy difíciles de probar, razón por la cual debían verse como conjeturas bastante interesantes, pero no como verdades establecidas. Sin embargo, otros

hacían cuestionamientos más profundos: planteaban que todo el programa de investigación sociobiológica era sospechoso desde un punto de vista ideológico. Lo veían como un intento de justificar o excusar el comportamiento antisocial; por lo general, el de los varones. Por ejemplo, argumentar que la violación tenía un componente genético implicaba que era "natural" y, por lo tanto, los violadores no eran responsables de sus actos; sólo obedecían sus impulsos genéticos. "¿Cómo podemos condenar a los violadores si sus genes son responsables de esa conducta?", parecían decir los sociobiólogos. Las explicaciones sociobiológicas de la xenofobia y la promiscuidad masculina se consideraban igualmente perniciosas. Sugerían que fenómenos como el racismo y la infidelidad marital, que la mayoría considera indeseables, eran naturales e inevitables —producto de nuestra herencia genética. En pocas palabras, las críticas insistían en que la sociobiología era una ciencia inclinada al valor, y los valores en los que se apoyaba eran en extremo dudosos. Tal vez no sorprenda que entre esos críticos se encontraran muchas feministas y científicas sociales.

Una posible respuesta a esta recriminación es insistir en la distinción entre hechos y valores. Tómese el caso de la violación. Se presume que puede haber o no un gen que impulsa a los hombres a violar y que se expande por selección natural. Ésta es una interrogante puramente científica, aunque no fácil de responder. Sin embargo, los hechos son una cosa y los valores otra. Aun si existiera un gen semejante, eso no hace a la violación aceptable o excusable. Ni hace a los violadores menos responsables de sus actos, porque nadie creería que un gen así *forzaría a los hombres a la violación*. A lo sumo, el gen podría pre-

disponer a la violación, pero las predisposiciones innatas pueden superarse con entrenamiento cultural, y a todas las personas se les enseña que la violación es incorrecta. Lo mismo se aplica a la xenofobia, la agresión y la promiscuidad. Aun cuando las explicaciones sociobiólogicas de esos comportamientos sean correctas, no influyen en la forma como funcionamos en sociedad ni en cualquier otro asunto político o ético. La ética no puede deducirse de la ciencia. Por lo tanto, desde el punto de vista ideológico no hay nada sospechoso en la sociobiología. Como todas las ciencias, simplemente trata de describirnos los hechos del mundo. En ocasiones estos hechos son perturbadores, pero debemos aprender a vivir con ellos.

Si esta respuesta es correcta, significa que debemos distinguir con claridad entre las objeciones "científicas" a la sociobiología y las objeciones "ideológicas". Por razonable que parezca, hay algo que no encaja: desde el punto de vista político, los defensores de la sociobiología por lo general son de derecha, mientras que los críticos pertenecen a la izquierda. Hay muchas excepciones a esta generalización, sobre todo en lo referente a los primeros, pero pocos negarían dicha tendencia. Si la sociobiología es simplemente una investigación imparcial de los hechos, ¿cómo se explica ese fenómeno? ¿Por qué debe haber una correlación entre opiniones políticas y actitudes hacia la sociobiología? Son preguntas difíciles de responder, porque aunque algunos sociobiólogos oculten sus agendas políticas y aunque algunos de los críticos de la sociobiología tengan agendas opuestas, la correlación se extiende incluso a quienes debaten el tema en términos que aparentan ser científicos. Esto sugiere, aunque no prueba, que quizá los términos "ideológico" y "científico"

no se puedan separar después de todo. De esta manera, la pregunta de si la sociobiología es una ciencia libre de valor es menos fácil de contestar de lo que se suponía.

Para concluir, es inevitable que una actividad como la ciencia, que ocupa un papel fundamental en la sociedad moderna y recibe tanto dinero público, se vea sujeta a las más diversas críticas. Esto es bueno, porque la aceptación acrítica de todo lo que hacen y dicen los científicos sería insana y dogmática. Es posible predecir con certeza que la ciencia en el siglo XXI, a través de sus aplicaciones tecnológicas, impactará en la vida diaria con una magnitud desconocida hasta ahora. Así que la pregunta "¿Es buena la ciencia?" tendrá una mayor vigencia. La reflexión filosófica tal vez no produzca una respuesta final e inequívoca a esta interrogante, pero puede ayudar a aislar los problemas clave y alentar una discusión racional y equilibrada de ellos.

Lecturas sugeridas

1. ¿Que es la ciencia?

A. Rupert Hall, *The Revolution in Science 1500-1750*. Longman, 1983, contiene una buena descripción de la revolución científica. Para un tratamiento detallado de temas particulares en la historia de la ciencia, véase R. C. Olby, G. N. Cantor, J. R. R. Christie y M. J. S. Hodge, eds., *Companion to the History of Modern Science*, Routledge, 1990. Hay muy buenas introducciones a la filosofía de la ciencia; dos recientes incluyen Alexander Rosenberg, *The Philosophy of Science*, Routledge, 2000 y Barry Gower, *Scientific Method*, Routledge, 1997. Martin Curd y J. A. Cover, eds., *Philosophy of Science: The Central Issues*. W. W. Norton, 1998, contiene lecturas sobre todos los temas principales en filosofía de la ciencia, con extensos comentarios de los editores. El intento de Karl Popper de demarcar la ciencia de la seudociencia puede encontrarse en sus *Conjectures and Refutations*, Routledge, 1963. Un buen análisis del criterio de demarcación de Popper lo hace Donald Gillies, *Philosophy of Science in the 20th Century*, Blackwell, 1993. Anthony O'Hear, *Karl Popper*, Routledge, 1980, es una introducción general a las ideas filosóficas de Popper.

2. Razonamiento científico

Wesley Salmon, *The Foundations of Scientific Inference.* University of Pittsburg Press, 1967, contiene un análisis muy claro de todos los temas abordados en este capítulo. El argumento original de Hume puede encontrarse en el tomo IV, sección 4 de su *Enquiry Concerning Human Understanding*, L. A. Selby-Bigge, ed., Clarendon Press, 1966. El artículo de Strawson está en Richard Swinburne, ed., *The Justification of Induction*, Oxford University Press, 1974; los otros artículos de este volumen también son de interés. El artículo de Gilbert Harman sobre IME es "The Inference to the Best Explanation", *Philosophical Review* 1965, núm. 74, pp. 88-95. Peter Lipton, *Inference to the Best Explanation*, Routledge, 1991, es un tratamiento del tema con la extensión de un libro. La solución de Popper al problema de la inducción está en *The Logic of Scientific Discovery*, Basic Books, 1959; la sección relevante se reimprimió en M. Curd y J. Cover, eds., *Philosophy of Science*, W. W. Norton, 1998, pp. 426-432. Una buena crítica de Popper es Wesley Salmon "Rational Prediction", también reimpreso en Curd y Cover, eds., pp. 433-444. Las diversas interpretaciones de probabilidad se examinan en Donald Gillies, *Philosophical Theories of Probability*, Routledge, 2000, y en Brian Skryms, *Choice and Chance*, Wadsworth, 1986.

3. La explicación en la ciencia

La presentación original de Hempel del modelo de la ley de cobertura puede encontrarse en sus *Aspects of Scientific Explanation*, Free Press, 1965, ensayo 12. Wesley Salmon,

Four Decades of Scientific Explanation, University of Minnesota Press, 1989, es una descripción muy útil del debate provocado por la obra de Hempel. Dos recolecciones de artículos sobre la explicación científica son Joseph Pitt, ed., *Theories of Explanation*, Oxford University Press, 1988, y David-Hillel Ruben, ed., *Explanation*, Oxford University Press, 1993. El planteamiento de que la conciencia no puede explicarse científicamente es defendido por Colin McGinn, *Problems of Consciousness*, Blackwell, 1991; para el análisis, véase Martin Davies, "The Philosophy of Mind" en A. C. Grayling, ed., *Philosophy: A Guide Through the Subject*, Oxford University Press, 1995 y Jaegwon Kim, *Philosophy of Mind*, Westview Press, 1993, capítulo 7. La idea de que la múltiple realización explica la autonomía de las ciencias de alto nivel se desarrolla en un complejo artículo de Jerry Fodor, "Special Sciences", *Synthese*, núm. 28, pp. 77-115. Para más información sobre el importante tema del reduccionismo, véanse en la sección 8 los artículos de M. Curd y J Cover, eds., *Philosophy of Science*. W. W. Norton, 1998, y el comentario de los editores.

4. Realismo y antirrealismo

Jarrett Leplin, ed., *Scientific Realism*, University of California Press, 1984, es una importante colección de artículos sobre el debate realismo/antirrealismo. Un libro reciente en defensa del realismo es Stathis Psillos, *Scientific Realism: How Science Tracks Truth*, Routledge, 1999. El artículo de Grover Maxwell "The Ontological Status of Theoretical Entities" está reimpreso en M. Curd y J. Cover, eds., *Philosophy of Science*, W. W. Norton, 1998,

pp. 1052-1063. La muy influyente defensa del antirrealismo de Bas van Fraassen se halla en *The Scientific Image*, Oxford University Press, 1980. Análisis críticos de la obra de van Fraassen con sus respuestas pueden encontrarse en C. Hooker y P. Churchland, eds., *Images of Sciences*, University of Chicago Press, 1985. El argumento de que el realismo científico entra en conflicto con el registro histórico es desarrollado por Larry Laudan en "A Confutation of Convergent Realism", *Philosophy of Science* 1981, núm. 48, pp. 19-48, reimpreso en Leplin, ed., *Scientific Realism*. El argumento de los "no milagros" fue desarrollado originalmente por Hilary Putnam; véase su *Mathematics, Matter and Method*, Cambridge University Press, 1975, pp. 69 ss. El artículo de Larry Laudan, "Demystifying Underdetermination", en M. Curd y J. Cover, eds., *Philosophy of Science*. W. W. Norton, 1998, pp. 320-353, es un buen análisis del concepto de subdeterminación.

5. Cambio científico y revoluciones científicas

Artículos importantes de los positivistas lógicos originales pueden encontrarse en H. Feigl y M. Brodbeck, eds., *Readings in the Philosophy of Science*, Appleton-Century-Croft, 1953. Thomas Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions*, University of Chicago Press, 1963, es muy legible en su mayor parte; todas las ediciones posteriores a 1970 contienen la posdata de Kuhn. Las ideas posteriores de Kuhn, así como sus reflexiones sobre el debate desatado por su libro, pueden encontrarse en "Objectivity, Value Judgment and Theory Choice", en *The Essential Tension*, University of Chicago Press, 1977, y en *The Road Since Structure*, University of Chicago Press, 2000. Dos recien-

tes y extensos estudios sobre la obra de Kuhn son Paul Hoyningen-Heune, *Reconstructing Scientific Revolutions: Thomas Kuhn's Philosophy of Science*, University of Chicago Press, 1993, y Alexander Bird, *Thomas Kuhn*, Princeton University Press, 2001. Paul Horwich, ed., *World Changes*, MIT Press, 1993, contiene diversos análisis de la obra de Kuhn por parte de historiadores y filósofos de la ciencia muy conocidos, con comentarios del propio Kuhn.

6. Problemas filosóficos en física, biología y psicología

El debate original entre Leibnitz y Newton consiste en cinco artículos de Leibnitz y cinco réplicas de Samuel Clarke, vocero de Newton. Estos artículos se reimprimieron en H. Alexander, ed., *The Leibnitz-Clarke Correspondence*, Manchester University Press, 1956. Buenos análisis pueden encontrarse en Nick Huggett, ed., *Space from Zeno to Einstein*, MIT Press, 1999, y Christopher Ray, *Time, Space and Philosophy*, Routledge, 1991. La clasificación biológica se examina desde un punto de vista filosófico en Elliott Sober, *Philosophy of Biology*, Westview Press, 1993, capítulo 7. Una descripción muy detallada del choque entre feneticistas y cladistas se presenta en David Hull, *Science as a Process*, University of Chicago Press, 1988. También es útil Ernst Mayr, "Biological Classification: Towards a Synthesis of Opposing Methodologies", en E. Sober, ed., *Conceptual Issues in Evolutionary Biology*,. MIT Press, 1994. Jerry Fodor, *The Modularity of Mind*, MIT Press, 1983, es un buen esfuerzo, aunque muy complejo. Buenos análisis del tema de la modularidad pueden encontrarse en Kim Sterelny, *The Representational Theory*

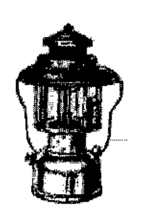
of Mind, Blackwell, 1990 y J. L. Garfield, "Modularity", en S. Guttenplan, ed., *A Companion to the Philosophy of Mind*, Blackwell, 1994.

7. La ciencia y sus críticos

Tom Sorell, *Scientism*, Routledge, 1991, contiene un detallado análisis del concepto de cientismo. El tema de la aplicabilidad de los métodos de las ciencias naturales a las ciencias sociales se examina en Alexander Rosenberg, *Philosophy of Social Science*, Clarendon Press, 1988, y David Papineau, *For Science in the Social Sciences*, Macmillan, 1978. La controversia creacionismo/darwinismo se estudia con detalle en Philip Kitcher, *Abusing Science: The Case Against Creation*, MIT Press, 1982. Un típico texto creacionista es Duane Gish, *Evolution? The Fossils Say No!*, Creation Life Publishers, 1979. Buenos análisis generales son Larry Laudan, *Science and Values*, University of California Press, 1984, y Helen Longino, *Science as Social Knowledge: Values and Objectivity in Scientific Inquiry*, Princeton University Press, 1990. La controversia sobre la sociobiología fue provocada por Edward O. Wilson, *Sociobiology*, Harvard University Press, 1975; también relevante es su *On Human Nature*, Bantam Books, 1978. Un análisis justo y detallado de la controversia aparece en Philip Kitcher, *Vaulting Ambition: Sociobiology and the Quest for Human Nature*, MIT Press, 1985.

Referencias de las ilustraciones

Índice temático



Esta obra fue impresa en el mes de febrero de 2007
en los talleres de Impresos y Encuadernaciones SIGAR,
que se localizan en la calzada de Tlalpan 1702,
colonia Country Club, en la ciudad de México, D.F.
La encuadernación de los ejemplares se hizo
en los mismos talleres.